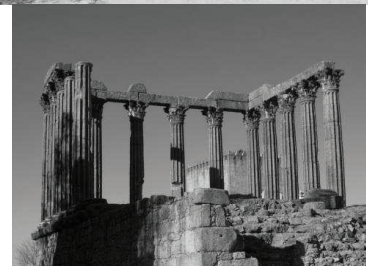
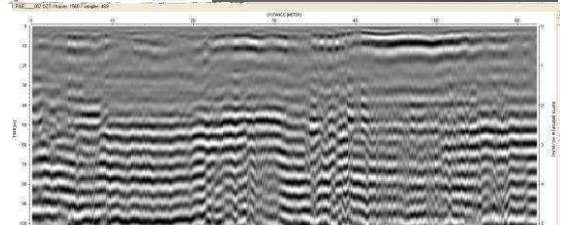
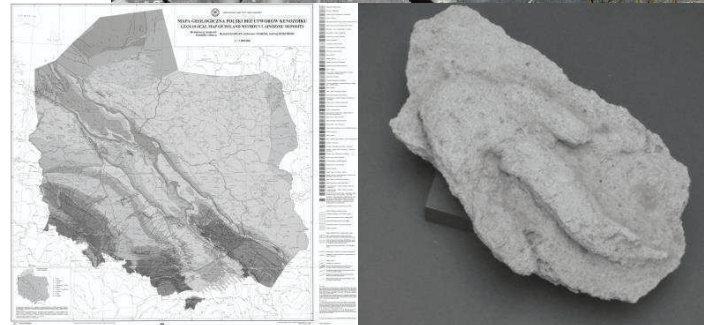


III Congresso Jovens  
Investigadores em Geociências, LEG 2013

LIVRO DE ACTAS

# III Congresso Jovens Investigadores em Geociências, LEG 2013 & 6<sup>th</sup> Meeting of Post-Graduation in Physics and Earth Sciences of UÉ

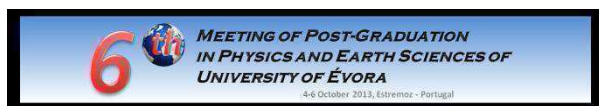


04 – 06.outubro.2013

Pólo de Estremoz da Universidade de Évora



III Congresso Jovens Investigadores em Geociências, LEG 2013 &  
6<sup>th</sup> Meeting of Post-Graduation in Physics and Earth Sciences of University of Évora  
Estremoz, 04-06 outubro 2013  
Livro de Actas



**III Congresso Jovens  
Investigadores em Geociências, LEG2013**

**III Congresso Jovens Investigadores em Geociências, LEG 2013  
&  
6<sup>th</sup> Meeting of Post-Graduation in Physics and Earth Sciences of  
University of Évora**

04 – 06.outubro.2013

**EDITORES**

NOEL MOREIRA

INÊS PEREIRA

FLÁVIO COUTO

HUGO SILVA

ISBN: 978-989-95398-1-5

TIRAGEM: 125 CÓPIAS

GRÁFICA: SERVIÇOS DE REPROGRAFIA DA UNIVERSIDADE DE ÉVORA

CENTRO CIÊNCIA VIVA DE ESTREMOZ, ESTREMOZ, PORTUGAL

**COMISSÃO CIENTÍFICA**

Alexandre Araújo (Escola de Ciência e Tecnologia da Universidade de Évora)

Ana Cristina Azeredo (Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa)

Ana Maria Silva (Escola de Ciência e Tecnologia da Universidade de Évora)

Ana Ramos Pereira (Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa)

Anabela Durão (Departamento de Engenharia, Instituto politécnico de Beja)

António Martins (Escola de Ciência e Tecnologia da Universidade de Évora)

Beatriz Valle Aguado (Universidade de Aveiro)

Bento Caldeira (Escola de Ciência e Tecnologia da Universidade de Évora)

Carlos Chambel (Escola de Ciência e Tecnologia da Universidade de Évora)

Carlos Coke (Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro)  
Carlos Marques da Silva (Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa)  
Carlos Ribeiro (Escola de Ciência e Tecnologia da Universidade de Évora)  
Conceição Freitas (Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa)  
Cristina Gama (Escola de Ciência e Tecnologia da Universidade de Évora)  
Daniele Bortoli (Centro de Geofísica de Évora, Universidade de Évora)  
Dina Santos (Centro de Geofísica de Évora)  
Fernando Marques (Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa)  
Fernando Noronha (Faculdade de Ciências da Universidade do Porto)  
Filipe Rosas (Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa)  
Francisco Fatela (Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa)  
Hélder Chaminé (Instituto Superior de Engenharia do Porto)  
Helena Sant'Ovaia (Faculdade de Ciências da Universidade do Porto)  
Hugo Silva (Escola de Ciência e Tecnologia da Universidade de Évora)  
João Cabral (Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa)  
João Mata (Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa)  
Jorge Costa Pedro (Escola de Ciência e Tecnologia da Universidade de Évora)  
Jorge Pamplona (Escola de Ciências da Universidade do Minho)  
Jorge Relvas (Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa)  
José Carlos Kullberg (Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa)  
José Feliciano (Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)  
José Fernando Borges (Escola de Ciência e Tecnologia da Universidade de Évora)  
José Luís Zêzere (Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa)  
José Manuel Romão (Laboratório Nacional de Energia e Geologia)  
José Mirão (Escola de Ciência e Tecnologia da Universidade de Évora)  
Juan Luis Guerrero Rascado (Universidade de Granada)  
Judite Fernandes (Laboratório Nacional de Energia e Geologia)  
Luís Lopes (Escola de Ciência e Tecnologia da Universidade de Évora)  
Manuel Francisco Pereira (Escola de Ciência e Tecnologia da Universidade de Évora)  
Maria Amely Zavattieri (Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade de Évora)  
Maria do Rosário Azevedo (Universidade de Aveiro)  
Maria do Rosário Carvalho (Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa)  
Maria dos Anjos Ribeiro (Faculdade de Ciências da Universidade do Porto)  
Maria Elisa Prieto Gomes (Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro)  
Maria Helena Novais (Centro de Geofísica de Évora, Universidade de Évora)  
Maria João Costa (Escola de Ciência e Tecnologia da Universidade de Évora)  
Maria Manuela Morais (Escola de Ciência e Tecnologia da Universidade de Évora)  
Mourad Bezzeghoud (Escola de Ciência e Tecnologia da Universidade de Évora)  
Nuno Lourenço (Instituto Português do Mar e da Atmosfera)  
Nuno Pimentel (Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa)  
Óscar Ferreira (Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade do Algarve)  
Patrícia Moita (Escola de Ciência e Tecnologia da Universidade de Évora)  
Paula Faria (Escola de Ciência e Tecnologia da Universidade de Évora)  
Paulo Pereira (Escola de Ciências da Universidade do Minho)  
Pedro Nogueira (Escola de Ciência e Tecnologia da Universidade de Évora)  
Pedro Proença e Cunha (Escola de Ciência e Tecnologia da Universidade de Coimbra)  
Rogério Rocha (Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa)

Rui Dias (Escola de Ciência e Tecnologia da Universidade de Évora)

Rui Salgado (Escola de *Ciência* e Tecnologia da Universidade de Évora)

Sérgio Pereira (Centro de Geofísica de Évora, Universidade de Évora)

Tomasz Boski (*Faculdade de* Ciências e Tecnologia da Universidade do Algarve)

#### COMISSÃO DE HONRA

Prof. Dr. Rui Dias (Director executivo do Centro Ciência Viva de Estremoz)

Prof. Dr. António Heitor Reis (Director e coordenador científico do CGE)

Prof. Dr. Carlos Braumann (Reitor da Universidade de Évora)

Prof. Dr. Mourad Bezzeghoud (Director da ECTUE)

Prof. Dr. Soumodip Sarkar (Director do IIFA)

Sr. Presidente Luís Mourinha (Presidente da Câmara Estremoz)

Dr. António Coelho (Presidente da Comissão Directiva da APG)

Prof. Dr. Rogério Rocha (Presidente da Direcção da SGP)

Eng. Machado Leite (Vogal do Conselho Directivo do LNEG)

RECOMENDA-SE A CITAÇÃO COM O SEGUINTE FORMATO:

MOREIRA, N., PEREIRA, I., COUTO, F., SILVA, H. 2013. *LIVRO DE ACTAS DO III CONGRESSO JOVENS INVESTIGADORES EM GEOCIÊNCIAS, LEG 2013 & 6<sup>TH</sup> MEETING OF POST-GRADUATION IN PHYSICS AND EARTH SCIENCES OF UNIVERSITY OF ÉVORA, ESTREMOZ, 224P.*



Folha deixada em branco propositadamente



## Mensagem da Comissão Organizadora

*"O começo de todas as ciências  
é o espanto das coisas serem o que são."*

*Aristóteles*

O Congresso Jovens Investigadores em Geociências (CJIG), realizado sob a égide do Centro Ciência Viva de Estremoz (CCVEstremoz) e do LIRIO (Laboratório de Investigação de Rochas Industriais e Ornamentais da Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade de Évora) teve a sua primeira edição em outubro de 2011. O evento teve desde a sua primeira edição uma grande aceitação por parte da comunidade científica no ramo das geociências, desde a comunidade sénior que apoiou o evento, até à comunidade “júnior” que nele participou. Este evento pretende colmatar uma lacuna importante no que se refere à investigação realizada pelos jovens investigadores nas geociências. Este é o espaço e o tempo destinado exclusivamente à apresentação dos seus trabalhos. Foi neste contexto que o congresso em causa se revelou inovador, uma vez que a apresentação de trabalhos foi limitada a jovens investigadores que estejam a dar agora os seus primeiros passos.

Nesta edição o CJIG agregou-se ao encontro de Pós-Graduação em Física e Ciências da Terra da Universidade de Évora (PGUE), que já vai na sua 6ª edição. Este importante encontro apresenta grande semelhança ao CJIG, sendo que, na sua essência, o seu grande objectivo é a divulgação e discussão da investigação em Ciências da Terra, da Atmosfera e do Espaço, promovendo a fusão de conhecimento e metodologias, ao mesmo tempo que encoraja os jovens investigadores no desenvolvimento de projectos de índole científica.

Para a realização conjunta destes dois encontros, que possuem uma dinâmica individual própria adquirida durante as edições anteriores, foi necessário uma destreza, retirando de cada um dos encontros os ensinamentos dos anos anteriores, fazendo com que nenhum dos dois perdesse a sua identidade própria.

O CJIG volta a apresentar dois momentos distintos, o primeiro dos quais será realizado concomitantemente com o 6<sup>th</sup> PGUE, com uma sessão de comunicações (realizada no Pólo de Estremoz da Universidade de Évora) que este ano para além das geociências apresentará também trabalhos das Ciências da Atmosfera e do Espaço. A sessão de comunicações ultrapassou totalmente as expectativas, contando com a presença de mais de cinco dezenas de trabalhos submetidos, num total de 84 participantes. Para além do anteriormente referido, o encontro conta este ano com sete oradores convidados, de diversas instituições nacionais e internacionais. O CJIG contará ainda com um segundo momento, que será a realização de uma excursão de campo ao Norte de Portugal, que é co-organizada pelo Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto e o Centro de Geologia da Universidade do Porto.

A cada vez maior importância sócio-económica das geociências levou a que a comissão organizadora do encontro ponderasse a saída do pólo universitário, através da realização de uma tertúlia aberta sobre a importância na sociedade e os desafios (passados, presentes e futuros) associados à exploração de recursos minerais, onde toda a comunidade está convidada a assistir. Esta tertúlia contará com o apoio do Até Jazz Café, local onde se irá realizar no sábado, após o jantar do congresso.

A maior diversidade de temáticas apresentadas nesta edição dos encontros fez com que fosse necessário a elaboração e extensão da comissão científica, de forma a abranger as temáticas científicas possíveis neste encontro. No ponto de vista da comissão organizadora, a constituição de uma comissão científica é essencial para que os trabalhos aqui apresentados revelem a elevada qualidade apresentada. Agradece-se desde logo a disponibilidade de todos os membros da comissão científica, que realizaram um trabalho de revisão num curto espaço de tempo, prescindindo em parte do seu tempo pessoal e laboral.

Para além do apoio institucional dado por diversas entidades, que desde já agradecemos, como a Escola de Ciências e Tecnologias da Universidade de Évora, o Município de Estremoz, o CGE, o IIFA, a APG, o

GeoBioTec a SGP e o GGET, contamos ainda com o apoio de diversas instituições que permitiram que os custos associados a este evento fossem menores, possibilitando os baixos preços praticados. Queremos então agradecer à Empresa Águas do Vimeiro, à Saigrene, à Sinergeo, à Delta, ao Pátio dos Solares, ao Monte Seis reis, à Margaça e ao LNEG o apoio financeiro fornecido.

Por fim, mas não menos importante, deixamos também um agradecimento muito especial a todos os membros do CCVEstremoz e do LIRIO que se envolveram na organização do evento e que permitiram a realização do mesmo, através de um trabalho muitas vezes quase invisível mas essencial para o bom funcionamento do encontro.

Um muito obrigado a todos

Pela Comissão Organizadora do III CJIG, LEG 2013 & 6th PGUE

Noel Moreira, Inês Pereira, Flávio Couto e Hugo Silva

## PROGRAMA ORAL

### SESSÃO DE ATMOSFERA

ID	Título da comunicação	Apresentado por
*	<i>Nowcasting de tempo severo em Portugal</i>	<i>Paulo Pinto</i>
AT01	Rios atmosféricos e precipitação na Ilha da Madeira	Flávio Couto
AT02	Simulações numéricas sobre a formação e evolução de nevoeiros na região do Alentejo	Carlos Policarpo
AT03	Propriedades das nuvens e radiação: motivação e planificação da investigação	Vanda Salgueiro
AT04	Influência de um sistema de rega no Campo Eléctrico Atmosférico medido à superfície	Marta Melgão
AT05	Configuração e optimização de um sistema de medição de Campo Eléctrico Atmosférico	António Fino
AT06	Estudo e avaliação do recurso eólico na região de Évora a partir de dados de uma estação meteorológica	Germilly Barreto
AT07	SAFEPORT – Componente climática	André Albino
AT08	Differential Optical Absorption Spectroscopy (DOAS) methods and new stepper motor controller applied to the SPATRAM equipment	Rui Mendes
AT09	Impacto das ondas de calor de 2003 e 2010 na Produtividade Primária na Europa	Ana Bastos
AT10	Climatologia espacial: reconstrucción história de la actividad solar	Victor Carrasco

### SESSÃO DE HIDROSFERA

ID	Título da comunicação	Apresentado por
HD01	Estimativas de descarga submarina dos sistemas aquíferos Albufeira-Ribeira de Quarteira e Quarteira (Algarve, Portugal)	Rui Hugman
HD02	Modelação do contributo de água subterrânea para a Lagoa de Santo André	Luis Costa
HD03	Piezometria e Qualidade da água subterrânea do Jardim Botânico da Universidade de Lisboa	José Ferreira João Dias

### SESSÃO DE GEOFÍSICA

ID	Título da comunicação	Apresentado por
*	<i>The Geophysical Architecture Of The Azores</i>	<i>Miguel Miranda</i>
GF01	Comparação de fontes sísmicas através de Ensaio de Refracção Sísmica e MASW	Samuel Neves
GF02	Estudo sísmico de Zemmouri-Bourmerdès de 21 de Maio, 2003 – através de dados sísmicos e SAR	Ruben Santos
GF03	Prospecção geofísica aplicada à deteção de falhas ativas – a falha de Vila Franca de Xira	João Casacão
GG01	Dados radiométricos em rochas e solos das regiões de Amarante e Vila Real (Norte de Portugal)	Lisa Martins
GF04	Installation and configuration of wireless networks	Joana Serrano

SESSÃO DE GEOLOGIA APLICADA

ID	Título da comunicação	Apresentado por
*	<i>Integração da Geotecnia em equipas de serviços de engenharia multidisciplinares – A experiência de uma empresa nas Renováveis</i>	<i>Paulo Gonçalves</i>
GG02	Enquadramento cartográfico do Complexo de Granja (NW Ceará, Brasil) e Avaliação de Sistemas de Referência Geográfica	António Silva
GG03	Tecnologias de informação geográfica para a quantificação de variáveis morfológicas em praias encastradas	João Horta
GG04	Estudo de caso sobre aplicação de FRX portátil no Controle de Qualidade de Minério de Ferro do Brasil	Emílio Urbano
GG05	Caracterização de terraços marinhos na zona costeira entre Cascais e o Cabo da Roca, com recurso principal a elementos cartográficos e de detecção remota. Implicações neotectónicas	Débora Duarte
GG06	Identificação e Caracterização de unidades geológicas de idade Mesozóica com potencial para Shale-Gas em Portugal	Joana Ferreira
GG07	Análise das variações no padrão RGB de cor após o ataque químico. Granada gnaiss Branco Dallas, Barra de São Francisco-ES, Brasil	Thiago Motta

SESSÃO DE PETROLOGIA

ID	Título da comunicação	Apresentado por
*	<i>Plutonismo granítico varisco no Centro Norte de Portugal</i>	<i>M<sup>a</sup> Rosário Azevedo</i>
GG08	Análise preliminar dos dados do Monte Submarino Rugoso, obtidos com o ROV LUSO	Vili Grigorova
GG09	Dados preliminares do Pico Pia, obtidos na campanha oceanográfica EMEPC\PEPC\Luso\2012	Ricardo Tomás
GG10	Efeitos térmicos induzidos pelo Complexo Plutónico de Santa Eulália	Cláudia Cruz
GG11	Geological, petrographic and geochemical peculiarities of a diatexitic granite (Pedregal Granite, NW Portugal)	Joana Ferreira
GG12	Caracterização petrológica e geoquímica dos basaltos (s.l.) submarinos da Bacia de Hirondele (Rifte da Terceira)	Cátia Farinha Nuno Vieira
GG13	Causas da variabilidade composicional das rochas filonéticas do Maciço Eruptivo de Sines: cristalização fraccionada e fusão parcial	Pedro Quelhas

SESSÃO DE GEOLOGIA E SOCIEDADE

ID	Título da comunicação	Apresentado por
*	<i>Recursos Minerais e a Sociedade; Passado, Presente e Futuro</i>	<i>Carlos Leal Gomes Nuno Lourenço</i>
GG14	Geologia Eclesiástica: o exemplo da Catedral Metropolitana de São Paulo (Brasil)	Diego Machado
GG15	Potencial de locais e actividades com interesse geológico no ensino das Geociências	Andreia Vilão
GG16	Geologia e Geodiversidade: O potencial geoturístico do afloramento de Boiçucanga, em São Sebastião – SP	Fernanda Reverte



SESSÃO DE GEOLOGIA ESTRUTURAL

ID	Título da comunicação	Apresentado por
<b>GG17</b>	Aspectos cartográficos e estruturais da Faixa Metamórfica Porto-Viseu na região da Foz do Sousa (E do Porto)	Priscila Ferreira
<b>GG18</b>	Influência da Zona de Cisalhamento Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo na região de Abrantes; uma estrutura de primeira ordem à escala do Orógeno Varisco na Ibéria	Noel Moreira
<b>GG19</b>	De Tata a Tan-Tan: evidências para os grandes cisalhamentos direitos variscos no domínio do Anti-Atlas, Marrocos	Pedro Almeida

SESSÃO DE PALEONTOLOGIA

ID	Título da comunicação	Apresentado por
*	<i>Paleobiogeografia dos répteis peri-Antlânticos do Jurássico Superior português: resposta a padrões de vicariância ou dispersão?</i>	<i>Francisco Ortega</i>
<b>GG20</b>	New insights for basal macronarians of Portuguese Upper Jurassic	Pedro Mocho

## PROGRAMA DE POSTERS

### SESSÃO DE POSTERS (1)

ID	Título da comunicação	Apresentado por
SP1-A	Avaliação da qualidade de águas interiores	Miguel Potes
SP1-B	Compreensão uniaxial “start&stop” numa amostra de basalto poroso: análise de emissões acústicas e propriedades relacionadas	Hugo Silva
SP1-C	Acoplamento eletroacústico em rochas sob ação mecânica	Tiago Queiroz
SP1-D	Zonas sismogénicas nos Açores	João Fontiela
SP1-E	Identificação de deformações em sedimentos finos não consolidados com recurso a georadar (Vale Inferior do Tejo)	Rui Oliveira
SP1-F	Base de Informação Geográfica do Centro de Geofísica de Évora	Óscar López
SP1-G	Geoespeleologia da Gruta dos Rodrigues (São Paulo, Brasil)	Bruno Consentino
SP1-H	Arduino platform characterization. Linearization and characterization of a low-cost platform	Vando Salgueiro

### SESSÃO DE POSTERS (2)

ID	Título da comunicação	Apresentado por
SP2-A	Petrografia e Mineralogia de amostras de Meteoritos do grupo dos Ureilitos	Pedro Coimbra
SP2-B	Novos dados geocronológicos para os granitos sin-D <sub>3</sub> do Maciço de Junqueira	Telma Vieira
SP2-C	Património Geológico em Áreas de Protecção Ambiental: Ubatuba-SP, Brasil	Priscila Lopes
SP2-D	Importância da Indústria Mineira na Sociedade Envolvente	Bruno Sena da Fonseca
SP2-E	A utilização do lúdico no ensino das geociências: Um relato da aplicação do jogo Bogicca durante o 46º Congresso Brasileiro de Geologia, em Santos	Fernanda Reverte
SP2-F	Análise spectral do Campo Elétrico Atmosférico em Lisboa	Ricardo Conceição

## ÍNDICE

COMUNICAÇÕES DOS ORADORES CONVIDADOS	1
COMUNICAÇÕES ORAIS	21
COMUNICAÇÕES EM POSTER	175



## ***Comunicações Oradores Convidados***

# ***Nowcasting de tempo severo em Portugal***

## ***Severe weather Nowcasting in Portugal***

P. Pinto<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Instituto Português do mar e da atmosfera, Departamento de Meteorologia e Geofísica, Divisão de Previsão Meteorológica, Vigilância e Serviços Espaciais, Rua C, aeroporto de Lisboa 1749-077, Lisboa

\* [paulo.pinto@ipma.pt](mailto:paulo.pinto@ipma.pt)

**Abstract:** The Nowcasting concept – shortest operational forecasting scale - will be presented. Nowcasting is of paramount importance when the issue severe weather is addressed. The “severe weather” concept, unlike the Nowcasting one, is not universal. In fact, in Portugal and in a great number of european countries, it is partly based on quantitative criteria adopted in the USA. These criteria will be presented. It will also be presented several radar warning products, that are used to sustain nowcasting activities, but must not be confused with severe weather warnings. A recent example of the Nowcasting approach will also be shown.

**Key-words:** Nowcasting, severe weather, radar, convective outflow

**Resumo:** O conceito de Nowcasting, a mais reduzida escala de previsão operacional, é relativamente uniforme e praticamente universal, embora possa ser abordado segundo diferentes perspetivas. Se considerado apenas com o suporte de observação com radar meteorológico e satélite, implica uma escala de previsão até 2 horas. No entanto, se tomado num âmbito mais geral, integrando também informação de modelos de previsão numérica do tempo (PNT), já se estende numa escala de previsão até 6 horas. Em qualquer caso, considera-se o Nowcasting como a descrição das presentes condições meteorológicas (diagnóstico) e as atividades de previsão entre o instante presente e as 6 horas (O.M.M., 2013).

Em termos conceituais, o Nowcasting não é uma escala de previsão essencialmente probabilística (como as previsões mensal e trimestral) nem essencialmente determinista (como a de modelos de PNT). Trata-se, antes, de uma previsão que utiliza o carácter determinístico de modelos PNT, que constituem, digamos, a previsão base, e as correções que diversas ferramentas (como as observações em si e os modelos conceituais) permitem introduzir face aos desvios que a previsão base vier a revelar.

Trata-se de uma área da previsão meteorológica que se ocupa da emissão e avisos ao público e à navegação aérea, também com impactes na navegação marítima, gestão de água e energia e, ainda, indústrias de construção e de turismo.

O Nowcasting tem particular relevância quando associado ao chamado tempo severo, embora faça sentido sob condições meteorológicas consideradas benignas. Este conceito de “tempo severo”, longe de ser universal, obedece a critérios que, em Portugal, foram parcialmente adaptados da concepção norte americana, à semelhança do que se verifica noutros países europeus. Poderemos considerar como tempo severo qualquer das condições seguintes, em separado ou combinadas: queda de saraiva com pedras de 2 cm de diâmetro ou superior, ocorrência de rajadas de vento com 25 m/s ou superior, ocorrência de tornado, precipitação causadora de danos significativos e descargas elétricas atmosféricas (DEA). O conceito de “precipitação causadora de danos significativos”, por exemplo, é claramente subjetiva uma vez que uma mesma quantidade de precipitação acumulada num mesmo período de tempo, pode ter efeitos muito diversos, fortemente dependente de fatores extra meteorológicos (hidrológicos e outros). Este facto é um dos vários desafios colocados ao previsor.

O radar meteorológico é a ferramenta de suporte às atividades de Nowcasting, por excelência, uma vez que permite efetuar observações de 10 em 10 minutos (5 em 5 minutos para a intensidade da precipitação) com elevada resolução espacial (da ordem de 1x1 km a pequena distância do sensor),



detetando fenomenologia que escapa, por vezes, a outros meios observacionais e, frequentemente, aos modelos de PNT. No IPMA existem diversos tipos de aviso baseados em radar, entre os quais os avisos de granizo, de precipitação convectiva, de precipitação estratificada, de supercélulas (SC) não tornádicas e de SC tornádicas. Em todos os casos, estes avisos baseiam-se na identificação de grandezas (ou combinação de grandezas) observadas com radar e que se sabe serem razoáveis preditores de fenómenos de tempo severo.

No IPMA as atividades de Nowcasting de tempo severo encontram-se em permanente evolução. Recentemente, em 29 de Agosto de 2013, no sul de Portugal continental verificou-se a ocorrência de convecção importante associada a um sistema convectivo de mesoescala (MCS) que produziu um outflow convectivo. Este fenómeno, traduzido pela aceleração vertical descendente de correntes de ar associadas à convecção, causou arrefecimento brusco à superfície e rajadas de vento muito forte, que afetaram a referida área. Mostra-se de que modo as observações com satélite e radar, associadas ao conhecimento do modelo concetual deste tipo de fenómeno, permitiram emitir os avisos ao grande público e o contacto com os organismos de Proteção Civil.

**Palavras-chave:** *Nowcasting*, tempo severo, radar, *outflow* convectivo

#### **Bibliografia**

Doswell III, C. A., Brooks, H., Maddox, R. (1996). *Flash Flood Forecasting: na ingredients based methodology*. NOAA, National Severe Storms Laboratory. Weather and Forecasting, vol. 11, 22 p.

## *The geophysical architecture of the azores*

J.M. Miranda<sup>1,2,3 \*</sup>

<sup>1</sup> Instituto Português do mar e da atmosfera. Rua C, aeroporto de Lisboa 1749-077, Lisboa

<sup>2</sup> Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Campo Grande C8, 1749-016 Lisboa.

<sup>3</sup> Instituto Dom Luiz. Campo Grande C8, 1749-016 Lisboa.

\* [miguel.miranda@ipma.pt](mailto:miguel.miranda@ipma.pt)

**Resumo:** Os Açores têm atraído o interesse de geocientistas desde o início do século XX. No final dos anos 60, quando a teoria das placas tectónicas foi estabelecida como o enquadramento geodinâmico básico, a morfologia peculiar dos Açores e do planalto envolvente, localizado perto do rift Médio-Atlântico, no início interpretado como a separação entre a Eurásia e a América do Norte placa, foi visto como um desafio para a aplicação e desenvolvimento da tectónica de placas. Uma série de particularidades geológicas foram alvo de explicação: a há muito activa falha de Gibraltar-Açores (agora falha da Glória), a existência de uma grande mas inactivo fractura na placa norte-americana, compensado várias dezenas de quilómetros a norte, a sucessão curvilínea de ilhas marcadas pela actividade vulcânica e sísmica difundida, o desenvolvimento de um *plateau*, parcialmente dividido pela dorsal Médio-Atlântica. A interpretação da maioria destas questões permaneceu pouco clara durante um longo período de tempo, apesar da grande quantidade de dados geológicos e geofísicos disponíveis, uma vez que a maioria das abordagens convencionais não eram tão proveitosas como inicialmente esperado, e novas características foram identificadas, levantando novas incógnitas ou revelando ambientes geológicos incomuns. Apresentamos aqui uma revisão dos progressos feitos na pesquisa geofísica dos Açores, com base em observações geofísicas e modelação numérica. Espera-se proporcionar uma visão global deste magnífico laboratório natural para as ciências da terra, os recentes avanços na compreensão dos processos básicos, e um esquema interpretativo atualizado para a génese e evolução da junção tripla dos Açores.

**Palavras-chave:** Açores, tectónica de placas, modelação numérica

**Abstract:** The Azores attracted the interest of geoscientists since the beginning of the XX century. In the late 60's, when plate tectonics was established as the basic geodynamic framework, the peculiar morphology of the Azores Islands and the surrounding plateau, located close to the Mid-Atlantic ridge, early interpreted as the separation between the Eurasian and the North-America plate, was seen as a challenge for the application and the development of plate tectonics. A number of particular geological features were targeted for explanation: the long active fault going from Gibraltar to the Azores (now called Gloria Fault), the existence of a large but inactive large fracture in the North-American plate, offset several tenths of kilometers to the north, the curvilinear succession of islands marked by pervasive volcanic and seismic activity, the development of a plateau, partially split by the Mid-Atlantic Ridge. The interpretation of most of these questions remained elusive for a long time, in spite of the large amount of geological and geophysical data available, as most of the conventional approaches were not as fruitful as expected, and new features were identified, raising new unknowns or revealing uncommon geological environments. We present here a review of the progresses made in the geophysical research of the Azores, based on geophysical observations and numerical modeling. We expect to provide a global view of this magnificent natural laboratory for earth sciences, the recent advances on the understanding of the basic processes, and we present an updated interpretative scheme for the genesis and evolution of the Azores triple junction.

**Key-words:** Azores, plate tectonics, numerical modeling

# ***Integração da Geotecnia em equipas de serviços de engenharia multidisciplinares – A experiência de uma empresa nas Renováveis***

*Integration of Geotechnics in multidisciplinary engineering service teams*

P. Gonçalves<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> SAIGRENE, Energias Renováveis, Lda

\* [paulo.goncalves@saigrene.pt](mailto:paulo.goncalves@saigrene.pt)

**Resumo:** A SAIGRENE – Energias renováveis é uma empresa de serviços de engenharia dedicada ao desenvolvimento de projectos de centrais com fontes de energia renovável. Tem realizado trabalhos no mercado português (e trabalhos pontuais em Africa), operando em diversos projectos de engenharia das renováveis em que a acção das especialidades geologia/geotecnia é determinante. Vários projectos com centrais hidroeléctricas, eólicas e fotovoltaicas têm sido desenvolvidos através do estudo do recurso energético, passando pelas soluções técnicas de equipamento e desenho das instalações físicas, bem como, muitas vezes, pela análise de soluções económico-financeiras específicas para cada Projecto. A problemática das interacções da equipa geotécnica com o *Project Management* é também um tópico determinante, tendo que ocorrer uma delimitação das responsabilidades de cada interveniente num processo de *assessment*.

**Palavras-chave:** engenharia, geotecnia, *assessment*

**Abstract:** SAIGRENE – Energias Renováveis is an engineering services company dedicated to developing power projects with renewable energy sources. It lies in the Portuguese market, operating in various engineering projects of renewable energies in which the action of the specialties geology / geotechnical engineering is crucial. Several projects with hydroelectric, wind and photovoltaic power plants have been developed through the study of the energy resource, through the technical solutions and equipment design of physical facilities, as well as, very often, the analysis of economic and financial solutions for each specific project. The problem of interactions between the geotechnical team with Project Management is also a crucial topic, having to experience a delineation of the responsibilities of each stakeholder in the assessment process.

**Key-words:** engineering, geotechnics, *assessment*

Como é do conhecimento comum, a energia é um dos temas mais relevantes na actualidade. A produção tradicional - de origem térmica com base em hidrocarbonetos - bastou durante várias décadas, para as necessidades energéticas das sociedades mais desenvolvidas. No entanto, preocupações com a diminuição das reservas, as questões geo-políticas e geo-estratégicas, a probabilidade das alterações climáticas verificadas serem de origem antropogénica e a poluição tornam incontornável a adopção de uma nova atitude quanto à produção de energia no futuro.

Pela nossa parte achamos fundamental desenvolver os recursos endógenos e limpos, aumentando a independência nacional relativamente ao exterior, e potenciando condições para um Desenvolvimento Sustentável.

Não é possível imaginar os projectos desenvolvidos pelas nossas equipas sendo tratados por um reduzido número de peritos, congregando em si todas as “expertises” necessárias. Por exemplo na Hidroelectricidade juntamos normalmente peritos de Hidrologia, Hidráulica, Mecânica, Metalurgia, Estruturas, Electricidade e Electrónica, Ambiente, Arqueologia, Geologia/Geotecnia, entre outras. O sucesso de um projecto depende da boa junção e gestão das várias competências necessárias.

Em Portugal, a nossa actividade iniciou-se na energia hidroeléctrica. Capazes de uma forte perenidade no abastecimento de energia nos meses pluviosos, as centrais mini-hidroeléctricas constituem um forte contributo para a produção de energia a partir de recursos 100% endógenos. Por outro lado, existe, normalmente, uma larga integração laboral local. A par disso, os impactes ambientais, quando acautelados através de um bom *design* das instalações, são praticamente negligenciáveis. De facto e da nossa experiência, um projecto económico tem como consequência ser praticamente inócuo do ponto de vista ambiental.

Quanto à energia eólica, ela representa hoje a maior fatia do trabalho na SAIGRENE em termos de potência instalada, consequência do desenvolvimento que se verificou nesta tecnologia na primeira década do século. Foram elaborados inúmeros trabalhos para mais de 15 parques eólicos em Portugal, sendo que no presente momento existe uma colaboração no desenvolvimento de dois novos parques, num total de 14 Megawatts a instalar, e nos quais há um papel muito importante nos ensaios de georadar e sondagens.

A conferência em causa pretende apresentar diversos exemplos de acções da geologia/geotecnia em projectos da Saigrene, com ênfase em ensaios de georadar e sondagens em parques eólicos e num *case-study* geral hidroeléctrico. Serão também feitas algumas considerações gerais sobre as dificuldades relacionadas a integração dos dados de cariz geotécnico nos projectos de engenharia levados a cabo pela Saigrene.

## ***A geologia prática em mineração de pequena escala – desenvolvimentos em territórios Lusófonos***

*Practical geology in small-scale mining – developments in Portuguese-speaking territories.*

Carlos Leal Gomes<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Universidade do Minho, Departamento de Ciências da Terra, Gualtar, 4710-057 BRAGA-P

\* [caal.gomes@gmail.com](mailto:caal.gomes@gmail.com)

### **Resumo:**

Apresentando incidências de Países Lusófonos, discute-se a diversidade e amplitude da intervenção geológica em mineração de pequena escala e a importância decisiva que lhe é atribuída por organizações internacionais. O âmbito e as perspectivas possíveis estendem-se do estudo dos factores favoráveis ao incremento e sustentabilidade desta actividade até à evidência de reservas e definição de procedimentos extractivos. Neste tipo de mineração a necessidade de utilização de mão de obra intensiva e as imposições governamentais e moratórias internacionais incrementam a demanda de uma prática geológica também intensiva.

**Palavras-chave:** mineração de pequena escala, aplicação geológica intensiva

### **Abstract:**

Over-viewing some mining incidences of Portuguese-speaking countries, the diversity and amplitude of practical geology assessment in small-scale mining, justifies the decisive importance attributed by several international organizations. The scope and perspective of practical geology cover the study of growth and sustainability of this kind of mining approach as well as the evidence of mineral reserves and the definition of protocols of mining procedures. The strong engagement of labour-intensive work and growing restrictiveness of governmental and international directives are correlated with the need of an increasing involvement of an also intensive practical geology.

**Key-words:** small-scale mining, intensive geology

### **INTRODUÇÃO**

Organizações internacionais como as Nações Unidas (UN) e o Banco Mundial (WB) incluem a mineração de pequena escala (SSM, “small-scale mining” ou ASM, artisanal and small-scale mining) no âmbito dos vectores essenciais que podem contribuir de forma sustentável para o alívio da pobreza em países em vias de desenvolvimento – SLA (“Sustainable Livelihoods Approach”) (UN,WB). A terminologia e conceitos aqui utilizados emanam das duas organizações internacionais acima referidas, e representam as directivas políticas, sociais, económicas, administrativas, tecnológicas e científicas, que actualmente, balizam os sistemas de criação de riqueza a partir dos recursos minerais, que são considerados viáveis e sustentáveis em unidades territoriais fortemente deprimidas do ponto de vista económico.

Alguns organismos governamentais de países industrializados, tal como o United States Geological Survey, também reconhecem a importância social e a sustentabilidade ambiental das práticas mineiras de pequena escala, as quais, incluem num âmbito mais alargado da sistemática das

intervenções extractivas em países industrializados. Aqui, a funcionalidade da classificação ASM e as implicações jurídicas consequentes, justificam-se pois consagram, de forma consistente, regular e legal, o aproveitamento integral e integrado dos recursos minerais ocorrentes em jazidas de pequenas dimensões, num quadro sustentável de ordenamento territorial e conservação da Natureza.

É também esta a aceção que se justifica a respeito da inclusão das Unidades de ASM nos planos regionais e planos directores municipais portugueses.

No âmbito geral do Ordenamento da Actividade Extractiva, as UN reconhecem à ASM uma dimensão e potencial de desenvolvimento capaz de fazer intervir de forma mais empenhada e responsável as organizações baseadas na comunidade (CBO – “community-based organizations”) bem como as CSO (“civil society organizations”) e NGO (“nongovernmental organizations”).

Isto não acontece com a mineração em larga escala, pelo facto de esta se articular entre os Governos Centrais e algumas Companhias Multinacionais, com um forte alheamento em relação à sociedade civil e envolvendo muito pouco as comunidades locais. Também implica uma logística complexa cujos eixos de escoamento dependem de grandes obras de engenharia ou de infra-estruturas já consolidadas e de importância nacional ou internacional, mas com planos de utilização quase sempre saturados.

A mineração de pequena escala, desde a prospecção à intervenção extractiva, é fortemente dependente de uma aproximação geológica em sentido estrito - no quadro de McKelvey, a função explorabilidade, é mais sustentada pela complexidade das acções que visam estabelecer a certeza geológica das ocorrências. As tarefas de prospecção dependem da aplicação intensiva de aproximações geológicas, desde a análise distanciada e detecção remota (estratégica e táctica) até à monitorização mineira. A prospecção geofísica é quase sempre subcontratada e o recurso à geoquímica é apenas considerado em casos de maior disponibilidade de financiamento para a pesquisa táctica.

As aplicações de geologia mais vezes invocadas fundamentam-se na análise estrutural e paragenética e situam-se a várias escalas e níveis de organização, podendo estar na origem da própria demanda industrial de matérias primas e após influenciarem o planeamento, podem situar-se tanto em contexto macroeconómico como microeconómico.

No espaço lusófono os estatutos SSM são diversificados e também é variada a amplitude de aplicação da geologia.

Em Angola e Moçambique as realidades são similares, incluindo contextos de garimpo, mineração artesanal e mineração de pequena escala em que a mão de obra intensiva, coadjuvada ou não por geologia intensiva (empírica ou formal), sustentam a maioria das explorações. Nestes casos as próprias unidades informais - garimpos - e as cooperativas e associações de mineiros (o regime



cooperativo é encorajado pela prática e pela legislação) recorrem, por vezes, ao apoio geológico proporcionado por CBO, CSO e NGO e também, quando possível, ao apoio das delegações provinciais e locais das direcções governamentais de geologia e minas.

O caso brasileiro é o mais complexo, pois é afectado por directivas de ordenamento, protecção ambiental e conservação da natureza, que condicionam fortemente as intervenções regulares de mineração artesanal. O quadro legislativo para atribuições de exploração ou pesquisa é mais restritivo e é aplicado. Subsiste, no entanto, o garimpo informal, embora altamente condicionado pela fiscalização mineira e, neste caso, a componente de decisão geológica sobre o ordenamento extractivo é insignificante.

Em Portugal a ASM depende pouco de mão de obra intensiva e não inclui o conceito de garimpo.

Apesar de tudo, permanecem em lavra algumas micro-explorações individuais e informais de rocha industrial e ornamental, não licenciadas. As pequenas explorações licenciadas privilegiam a aproximação técnica e tecnológica, com ocasionais desmontes subcontratados, e são escassas as rotinas de monitorização geológica, verificando-se, por este facto, disfunções qualitativas do aproveitamento das jazidas e mesmo subaproveitamento de reservas disponíveis.

### **FACTORES FAVORÁVEIS AO INCREMENTO DA SSM**

Em termos gerais, e no espaço lusófono, entre os factores que mais directamente têm influenciado o crescimento da mineração de pequena escala, incluem-se os seguintes:

- 1) incremento da atractividade económica das pequenas e médias empresas;
- 2) o melhoramento generalizado das diversas infra-estruturas e logísticas, regionais e locais;
- 3) o incremento do número e da eficiência dos programas de apoio e financiamento à SSM –existem alguns departamentos estatais e empresas públicas especializadas nestas tarefas;
- 4) a diversificação e incremento do valor unitário das matérias primas que se podem obter em instalações com este estatuto;
- 5) um “boom” dos investimentos dedicados a minerais industriais por indução do incremento da procura;
- 6) um aumento consistente das cotações e dos valores unitários do ouro, concentrados de “coltan” e gemas coloridas;
- 7) o advento de novas aplicações para os produtos minerais.

### **MATÉRIAS PRIMAS OBTIDAS EM SSM**

Tradicionalmente, as substâncias sujeitas a SSM nos países de Língua Portuguesa, distribuem-se pelos seguintes grupos e fontes naturais:

- pedra natural em maciços rochosos e sistemas fluviais e litorais;

- gemas, ouro, “coltan” (concentrados de columbite-tantalite”) e minerais de terras raras, zircónio e titânio em placeres;
- gemas em pegmatitos e zonas de cisalhamento;
- “coltan”, e minerais de estanho e bismuto em pegmatitos;
- minerais industriais em geral, e especialmente, m. cerâmicos, em maciços e seus produtos de alteração e em depósitos sedimentares.

Actualmente as tendências de procura de matérias primas minerais, por indução do desenvolvimento tecnológico, têm sido fortemente influenciadas por uma diversificação dos elementos químicos e compostos que podem ter utilidade. Esta diversificação origina a procura de pequenas quantidades de minerais com especificações muito restritas, obtidos a partir de depósitos aos quais se adequa a SSM.

As tendências de miniaturização do “hardware” computacional (ver constatação de Moore), a substituição de funções de mecanismos por funções de materiais (as propriedades dos materiais podem mudar com a miniaturização), bem como as indicações que se tiram da evolução de aplicações em tecnologia crítica (ver por exemplo o “International Technology Roadmap for Semiconductors”), sugerem novos campos de utilidade para algumas substâncias que antes eram considerados sem utilidade específica ou com uso muito definido. A geologia dos depósitos minerais permite situar muitas destas substâncias em jazidas susceptíveis de SSM.

### **JAZIGOS DE SSM – a geologia, da pesquisa à exploração**

Nas regiões afectadas pela mineração de pequena escala, os jazigos são quase sempre, pequenos, muito frequentes, dispersos e próximos da superfície. Incluem:

- maciços rochosos aflorantes e placeres;
- pegmatitos e “skarns” ou outros jazigos de natureza geoquímica calcossilicatada - em complexos orogénicos exumados;
- carbonatitos e, ocasionalmente, kimberlitos - em ambientes extensionais.

Na maioria dos casos, a prospecção destes jazigos é geológica em sentido estrito, privilegiando, nas indicações indirectas, a perseguição mineralométrica de guias mineralógicos e outras formas de prospecção mineralógica ajustada às condições naturais específicas dos territórios pesquisados (por exemplo, a mineralogia de termiteiras em países tropicais).

As escalas e níveis de organização da abordagem geológica predictiva podem distinguir-se em função da correlação entre a distribuição das jazidas numa matriz estrutural ou tectónica e a perspectiva económica atribuída à SSM.

#### **a) Geologia aplicada à perspectiva macroeconómica**

Os indícios utilizados em geologia predictiva, essencialmente estratégica, são quase sempre lineamentares e têm a sua melhor expressão em análise distanciada e detecção remota. Definem-se em dois contextos tectónicos contrastantes:

- divergente - erosão, exumação, adelgaçamento crustal, “rifting” incipiente, sedimentação endorreica e colmatção aulacogénica – especialmente, em espaço Gondwânico e em Angola e Brasil;
- convergente – transporte tectónico, espessamento crustal, intrusão, metamorfismo / metassomatismo, alteração, erosão e exumação de complexos orogénicos – no NW de Portugal, Brasil, no litoral de Angola e nos Cinturões do N de Moçambique.

#### **b) Geologia aplicada à perspectiva microeconómica**

Sinais e guias deduzidos da monitorização da lavra mineira e utilizados na sua orientação, intervêm, desde a escala do subsector de uma mina até à mesoescala. Procura-se:

- definir e perseguir “ore-shoots” e “gem-shoots”;
- detectar “gem-spots”, quase sempre por intersecção material e conceptual de sinais;
- evidenciar replicações de compartimentos úteis de jazidas, em extensão e em profundidade;
- otimizar especificações de produtos à boca da mina e em circuitos de beneficiação.

Para cada SSM procura-se um conceito ou dispositivo estrutural chave que, uma vez encarado como “Pedra de Roseta”, permita decodificar a distribuição dos minerais de interesse (por exemplo, a definição de “main streams” e “gem-shoots” em minas de gemas).

Nesta pesquisa intervêm o estudo da nucleação e do crescimento cristalino, livre e em agregado, e a sua expressão geométrica e litológica. Intervêm também os modelos de equilíbrio de fases, e diagramas conceptuais de paragénese. Adicionalmente, o valor económico dos “spots” pode ser caracterizado do ponto de vista geológico e, eventualmente, pode ser previsto.

#### **a) Importância das correlações geológicas regionais**

Ao longo das mesmas mega-estruturas, e em qualquer das escalas ou perspectivas económicas, o esclarecimento estrutural e paragenético da proliferação de reactivações, tanto da cinemática de deslocamento como do acolhimento de diferenciados mineralizadores (concentradores ou dispersores), é fundamental para interpretar constatações e sustentar a aplicação de extrapolações de base empírica.

As principais mega-estruturas correspondentes à reactivação propícia de metalotectos, incluem:

- zonas de cisalhamento polifásicas - “shear-zone networking”, “seismic pumping”, “multiple feeding”;
- corredores de “mingling” - “multiple feeding” e “magmatic and fluid mixing”;

- alinhamentos e campos com alterações hidrotermais típicas de exumação propícia – enrubescimento (dessilicificação e ferruginização) até fenitização e alteração supergénica.

### **OUTROS DESENVOLVIMENTOS DA GEOLOGIA EM SSM**

Mesmo em países em vias de desenvolvimento, a avaliação do impacte ambiental associado à actividade extractiva é uma preocupação crescente quer dos governos quer das NGO. A geologia, mineralogia e geoquímica ambiental têm cada vez mais intervenção no estudo de áreas afectadas por uma grande dispersão do garimpo informal (caso da amalgamação do ouro em sistemas fluviais), como ainda, começam a estar envolvidas, por imposição legal, na autorização regular de pequenas intervenções, através de estudos impacte ambiental que acompanham os processos de licenciamento.

Por outro lado, observa-se um envolvimento da mineralogia aplicada na optimização de produtos e processos de tratamento. Esta aplicação também influencia os circuitos e campanhas de comercialização e escoamento, e os protocolos de compostagem ou depuração e optimização de propriedades dos minérios, minerais industriais e gemas. Pode ter lugar logo à boca mina ou já próximo da indústria transformadora. Este envolvimento estende-se à certificação de produtos, com especial relevo no caso de minerais cuja origem enfrenta moratórias restritivas da comercialização. É o caso de gemas e concentrados de “coltan” relacionados com o financiamento de conflitos regionais ou provenientes de regiões em conflito. Neste caso, algumas NGO tem utilizado a dedução de assinaturas paragenéticas para a certificação das proveniências.

## Exploração dos recursos minerais marinhos: uma ilusão ou uma realidade?

Nuno Lourenço<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Português do Mar e da Atmosfera.

\* [nuno.lourenco@ipma.pt](mailto:nuno.lourenco@ipma.pt)

**Resumo:** Desde os anos 70 foi reconhecida a existência de recursos minerais no fundo do oceano. No entanto a fraca capacidade tecnológica, desse tempo, bem como a recorrente descoberta de novos recursos em terra, tornavam pouco interessante o investimento desmesurado que a pesquisa daqueles recursos no mar profundo implicava. Com a migração da pesquisa de hidrocarbonetos para maior profundidade, acompanhada do incremento tecnológico daí resultante, tornou-se tecnicamente possível a exploração de recursos minerais marinhos. Em acréscimo, a progressiva exploração dos recursos existentes em terra, a pressão do lado da procura, com correspondente aumento do preço das matérias-primas, a distribuição mundial dos recursos estratégicos e a situação geopolítica e geoestratégica, a consciência dos grandes impactos da exploração em terra resultaram num recente e renovado interesse na prospeção e exploração dos recursos minerais marinhos. A entrada em vigor em 1982 da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, consagra através do art. 76<sup>o</sup> aos estados costeiros a possibilidade de obter jurisdição sobre todos os recursos existentes no leito e subsolo marinhos contidos na sua plataforma continental jurídica, estabelecendo igualmente todo o restante domínio oceânico como a “AREA” património comum da humanidade, cuja gestão, é realizada pela Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos. Este quadro jurídico tem permitido um maior investimento no conhecimento dos fundos marinhos catalisando o interesse na avaliação do potencial dos recursos minerais Marinhos. Nesta apresentação são elencados e tipificados os principais recursos marinhos existentes nas bacias oceânicas, abordadas as iniciativas que vêm sendo realizadas, em diferentes países e na AREA, tendo em vista a sua exploração. Enquadram-se as mais-valias potenciais e os principais problemas que decorrem da sua extração. É feita uma alusão ao contexto português, no quadro da CNUDM. Defende-se que o contexto e oportunidades existentes, associadas à submissão portuguesa relativa à extensão da sua plataforma continental (abarcando uma área no Atlântico Norte de ca 4 Mkm<sup>2</sup>), tornam estratégico o investimento na inventariação e caracterização do potencial económico das ocorrências já hoje reconhecidos, como fator de desenvolvimento tecnológico e de recursos humanos no presente e potenciais ganhos económicos no futuro.

# ***Plutonismo granítico varisco no Centro Norte de Portugal***

## *Variscan plutonism in the centre north of Portugal*

M.R. Azevedo<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Aveiro, Departamento de Geociências, GeoBioTec (PEst-C/CTE/UI4035/2011), 3810-193 Aveiro, Portugal.

\* [mrosario@geo.ua.pt](mailto:mrosario@geo.ua.pt)

**Resumo:** O complexo batolítico das Beiras está localizado na Zona Centro Ibérica (ZCI), no centro norte de Portugal. É predominantemente composto por rochas granitóides instaladas em metassedimentos de idade Neoproterozóica – Câmbrica Inferior, Ordovícica e Carbonífera Superior, durante ou após a última fase de deformação dúctil varisca (D<sub>3</sub>). No seu conjunto, as rochas granitóides do Batólito das Beiras cobrem um amplo espectro de idades (sin-, tardi- e tardi-pós-D<sub>3</sub>) e tipologias (tipo S e transicionais I-S). Neste trabalho apresentam-se dados petrográficos, mineralógicos, geoquímicos e isotópicos para estas intrusões e discutem-se os principais processos envolvidos na sua génese.

**Palavras-chave:** Batólito das Beiras, Granitóides variscos sin- e tardi-pós-tectónicos, idades U-Pb.

**Abstract:** The Beiras batholithic complex is located in the Central Iberian Zone (CIZ) in the Centre North of Portugal. It is predominantly composed by granitoid rocks emplaced into metasediments of Late Proterozoic-Lower Cambrian, Ordovician and Upper Carboniferous age, during the last Variscan ductile deformation phase (D<sub>3</sub>). Overall, the granitoid rocks of the Beiras batholith show a wide spectrum of ages (syn- late- and late-post-D<sub>3</sub>) and compositions (S-type and transitional S-I types). This work presents petrographic, mineralogical, geochemical and isotopic data for these intrusions and discusses the main processes involved in their petrogenesis.

**Keywords:** Beiras batholith, Variscan syn- and late-post-tectonic granitoids, U-Pb ages.

O estudo dos processos de acreção e reciclagem crustal ao longo do tempo geológico é uma das temáticas mais cativantes da petrologia moderna. A ampla distribuição das rochas graníticas nas áreas continentais tem permitido investigar em detalhe os mecanismos envolvidos na formação, ascensão, diferenciação e implantação deste tipo de magmas e constranger a natureza dos principais reservatórios-fonte que lhes deram origem (e.g. Clarke, 1992, Pitcher, 1993; Barbarin, 1999; Winter, 2001).

Embora a geração de magmas graníticos possa ocorrer em quase todos os ambientes geodinâmicos, é nos domínios orogénicos, em que a crosta continental foi espessada como consequência de processos de convergência de placas (oceano-contidente ou continente-contidente), que atinge a sua maior expressão. As condições de pressão e temperatura prevaletentes durante as fases colisional e pós-colisional de uma orogenia favorecem a fusão parcial, em larga escala, dos materiais metaígneos e/ou metassedimentares presentes em níveis profundos da crosta continental, contribuindo, assim, para a produção de abundantes volumes de magmas graníticos. Parte do calor necessário para



promover a anatexia das rochas crustais é fornecido pela ascensão e/ou “underplating” de líquidos basálticos derivados do manto que, em circunstâncias favoráveis, chegam a interagir mecânica e/ou quimicamente com os fundidos e/ou litologias crustais, dando origem a magmas graníticos com assinaturas “mistas” (híbridos).

No Maciço Ibérico, em particular na Zona Centro Ibérica (ZCI), as rochas granitóides de idade varisca estão amplamente representadas. A sua instalação está preferencialmente associada à última fase de deformação dúctil ( $D_3$ ), o que levou a subdividir os granitóides variscos da ZCI em dois grandes grupos: sin- $D_3$  e tardi-pós- $D_3$  (Ferreira *et al.*, 1987).

Do ponto de vista das suas características petrográficas, geoquímicas e isotópicas, é possível agrupar estes granitóides em duas séries principais: a) a série dos granitos de duas micas e dos leucogranitos fortemente peraluminosos e (b) a série dos monzogranitos e granodioritos, metaluminosos a fracamente peraluminosos, com biotite  $\pm$  anfíbola (Azevedo e Valle Aguado, 2006 e referências aí contidas).

Os granitos da primeira série apresentam uma filiação de tipo S e resultam da anatexia de materiais supracrustais durante o clímax de metamorfismo regional, enquanto os granitóides da segunda série exibem características transicionais I-S e têm sido interpretados, quer como produtos da hibridização de magmas félsicos crustais com magmas básicos de proveniência mantélica, quer como resultantes da fusão parcial de protólitos metaígneos da crosta inferior (e.g. Dias e Leterrier, 1994, Beetsma, 1995, Azevedo e Nolan, 1998, Dias, 2001; Neiva e Gomes, 2001; Dias *et al.*, 2002; e Valle Aguado, 2006).

O trabalho realizado na região centro norte de Portugal permitiu concluir que o batólito das Beiras é constituído por maciços graníticos, cobrindo um amplo espectro de idades e tipologias: (a) granodioritos e granitos biotíticos sin- $D_3$  precoces, com idades variando entre 322 Ma e 311 Ma; (b) leucogranitos e granitos sin- $D_3$  de duas micas, fortemente peraluminosos, intruídos entre 317 Ma e 312 Ma, (c) granitos biotíticos tardi-pós- $D_3$  e rochas básicas associadas (306-298 Ma) e (d) granitos biotítico-moscovíticos tardi-pós- $D_3$  (303-296 Ma).

Enquanto os granodioritos e granitos biotíticos sin- $D_3$  precoces apresentam assinaturas calco-alcalinas indiciando a ocorrência de processos de interação química e/ou mecânica entre líquidos mantélicos e crustais (“mixing/mingling”), os leucogranitos e granitos de duas micas sintectónicos são fortemente peraluminosos e isotopicamente evoluídos (tipo-S), o que aponta para uma derivação a partir da anatexia, via desidratação de moscovite e/ou biotite, de materiais metassedimentares supracrustais, semelhantes aos metapelitos e metagrauwaques do Complexo Xisto-Grauváquico.

No final da  $D_3$ , com a progressiva substituição do manto litosférico pela astenosfera, mais quente, diminui a densidade da coluna litosférica e ocorre o levantamento isostático e exumação da crosta. A

fusão por descompressão da astenosfera gera maiores quantidades de líquidos básicos e desenvolve-se uma zona complexa em profundidade (MASH zone, Hildreth e Moorbath, 1987), onde a actuação conjunta de mecanismos de fusão parcial, hibridização, assimilação, acumulação, homogeneização e cristalização fraccionada favorece a formação de magmas graníticos com características transicionais I-S, como as que se observam nos granitóides biotíticos e nos granitos biotítico-moscovíticos tardi-pós-D<sub>3</sub>. As diferenças nas assinaturas petrográficas, geoquímicas e isotópicas destes granitóides revela que, para além da mistura, em proporções variáveis, de componentes com proveniência distinta (mantélica e crustal), os seus percursos evolutivos também foram controlados por processos de cristalização fraccionada (modelo AFC). A instalação destes magmas no nível crustal final ocorre tardiamente ou após a deformação transcorrente (D<sub>3</sub>), provocando metamorfismo de contacto nas sequências metassedimentares encaixantes.

#### Agradecimentos

Este trabalho foi co-financiado pelo projecto PETROCHRON PTDC/CTE-GIX/112561/2009 (FCT-Portugal, COMPETE/FEDER) e pela unidade de investigação GeoBioTec (PEst-C/CTE/UI4035/2011, FCT-Portugal).

#### Bibliografia

- AZEVEDO, M.R. & VALLE AGUADO, B. (2006). Origem e instalação de granitóides variscos na Zona Centro-Ibérica. In: *Geologia de Portugal no contexto da Ibéria*. Dias, R., Araújo, A., Terrinha, P. e Kullberg, J.C. (Eds.). Univ. de Évora, ISBN: 972-778-094-6, 107-121.
- BARBARIN, B. (1999). A review of the relationships between granitoid types, their origins and their geodynamic environments. *Lithos*, 46: 605-626
- BEETSMA, J.J. (1995). The Late Proterozoic/Paleozoic and Hercynian Crustal Evolution of the Iberian Massif, N Portugal. Ph.D. Thesis, Vrije University, Netherlands, 223 pp
- CLARKE, D.B. (1992). *Granitoid rocks*. Chapman and Hall, London. 283 pp.
- DIAS, G. (2001). Fontes de granitóides Hercínicos da Zona Centro-Ibérica (Norte de Portugal): evidências isotópicas (Sr, Nd). *Mem. Acad. Ciências de Lisboa*, XXXIX, 121-143.
- DIAS, G. & LETERRIER, J. (1994). The genesis of felsic-mafic plutonic associations: a Sr and Nd isotopic study of the Hercynian Braga Granitoid Massif. *Lithos*, 32, 207-223
- DIAS, G.; SIMÕES, P.P.; FERREIRA, N & LETERRIER, J. (2002). Mantle and crustal sources in the genesis of late Hercynian granitoids (NW Portugal): geochemical and Sr-Nd constraints. *Gond. Res*, 5-2, 287-305.
- FERREIRA, N., IGLESIAS, M., NORONHA, F., PEREIRA, E., RIBEIRO, A. & RIBEIRO, M.L. (1987). Granitóides da Zona Centro-Ibérica e seu enquadramento geodinâmico. In: *Geologia de los granitoides e rocas asociadas del Macizo Hespérico*. Bea, F., Carnicero, A., Gonzalo, J.C., López Plaza, M. and Rodriguez Alonso, M.D. (Eds.) Editorial Rueda, Madrid, 37-53.
- HILDRETH, W. & MOORBATH, S. (1987). Crustal contributions to arc magmatism in the Andes of Central Chile. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 98, 455-489
- NEIVA, A.M.R. & GOMES, M.E.P. (2001). Diferentes tipos de granitos e seus processos petrogenéticos: granitos hercínicos portugueses. *Mem. Acad. Ciências de Lisboa*, XXXIX, 53-95.
- PITCHER, W.S. (1993). *The nature and origin of granite*. Chapman and Hall, London. 321 pp
- VALLE AGUADO, B., AZEVEDO, M.R., SCHALTEGGER, U., MARTÍNEZ CATALÁN, J.R. & NOLAN, J. (2005). U-Pb zircon and monazite geochronology of Variscan magmatism related to syn-convergence extension in Central Northern Portugal. *Lithos*, 82, p.169-184.
- WINTER, J. (2001). *An Introduction to Igneous and Metamorphic Petrology*. Prentice Hall. 697pp.

## ***Paleobiogeografia dos répteis peri-Antlânticos do Jurássico Superior português: resposta a padrões de vicariância ou dispersão?***

*Paleobiogeography of the Upper Jurassic peri-Atlantic reptiles: responding to patterns of vicariance or dispersion?*

F. Ortega<sup>1,2 \*</sup>, F. Escaso<sup>1,2</sup>, E. Malafaia<sup>3,2</sup>, P. Mocho<sup>4,2</sup>, A. Pérez-García<sup>5,2</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Biología Evolutiva. Facultad de Ciencias. UNED. Paseo Senda del Rey, 9. 28040. Madrid. Spain

<sup>2</sup> Sociedade de História Natural, Polígono Industrial do Alto do Ameal, Pav.H02 e H06, 2565-641, Torres Vedras, Portugal

<sup>3</sup> Centro de Geologia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Campo Grande 1749-016 Lisboa (Portugal).

<sup>4</sup> Unidad de Paleontología, Universidad Autónoma de Madrid, C/ Darwin, 2, 28049, Madrid, Spain

<sup>5</sup> Dpto. de Paleontología, Universidad Complutense de Madrid, C/ José Antonio Novais, 2. 28040. Madrid. Spain

\* fortega@ccia.uned.es

**Resumo:** As faunas de répteis do Jurássico Superior português apresentam importantes semelhanças com o registo sincrónico norte-americano. Estas semelhanças têm sido interpretadas como resultado da dispersão transatlântica de determinadas linhagens. Contudo, esta hipótese tem perdido peso paulatinamente a favor de um cenário de vicariância emergente.

**Palavras-chave:** Paleobiogeografia, Jurássico Superior, Portugal, Répteis.

**Abstract:** The reptilian fauna of the Portuguese Upper Jurassic shows a huge resemblance to the North American synchronous record. This similarity has been interpreted as the result of transatlantic dispersion of some lineages. However, this hypothesis is gradually losing weight for a scenario of emerging vicariance.

**Key-words:** Paleobiogeography, Upper Jurassic, Portugal, Reptiles.

The paleobiogeography of the vertebrate fauna from the Portuguese Upper Jurassic is still ongoing to find a consensus, in spite of the significant rise of the knowledge on the phylogenetic relationships of many of its components. This fauna exhibits a claimed close relationship with synchronic faunas of the well-known North American Morrison Formation, suggesting the possibility of transatlantic dispersive processes. Nevertheless, this fauna contains many exclusive forms from Europe, or even from Portugal, indicating the existence of active vicariance processes due to the North Atlantic opening.

A priori, Upper Jurassic North Atlantic does not constitute a good scenario for exchange of terrestrial faunas. However, there are geologic evidence showing a regressive tendency during this interval of time in the proto-North Atlantic basins. This would allow the emersion of some areas, reducing the marine barriers and increasing the probability of faunal exchanges.

One of the Iberian paleontological contexts that provide more evidence to this discussion is the Kimmeridgian-Tithonian lapse of the Lusitanian Basin of West-Central Portugal, in which it has been described more than thirty taxa of reptiles (Lapparent & Zbyszewski, 1957; Dantas, 1990; Antunes &

Mateus, 2003; Ortega et al., 2009).

The non archosaurian diapsids are barely represented by choristoderes (*Cteniogenys*); sphenodonts, (close related to *Opisthias*); and squamates (e.g. *Paramacellodus* or *Dorsetisaurus*). There are no detailed phylogenetic analyses on any of them, but, so far, they are considered as amphiatlantics during the Upper Jurassic (Ortega et al., 2006; Ortega et al. 2009; Prothero & Estes, 1980).

At the Lusitanian Basin, turtles are mainly represented by Plesiochelyidae and Pleurosternidae (Pérez-García et al, 2010; Pérez-García & Ortega, 2011). The former are turtles of coastal habits and exclusive from Europe. In contrast, the freshwater pleurosternids have an amphiantlantic distribution, although the Iberian forms belong to an exclusively European lineage.

The freshwater crocodylomorphs are represented by exclusive taxa of the Portuguese record, either at generic level: *Lisboasaurus* and *Lusitanosaurus*, or at specific level: *Theriosuchus guimarotae* or *Goniopholis baryglyphaeus* (Buscalioni et al., 1996; Schwarz, 2002; Schwarz & Fechner, 2004; Schwarz & Salisbury, 2005). All of them are closely related with different European taxa, but belong to lineages with much wider distribution.

Among dinosaurs, ornithischians are represented by thyreophoran and ornithopods. Thyreophorans are composed by the ankylosaur *Dracopelta* (Galton, 1980; Pereda-Suberbiola et al., 2005); *Stegosaurus* (Escaso et al., 2007a); and two Dacentrurinae of unclear relationships: *Dacentrurus* and *Miragaia* (Escaso et al., 2007b; Mateus et al., 2009). Ornithopods are represented by, at least, some basal ankylopollexian *Draconyx* (Mateus & Antunes, 2001), a close form to *Uteodon* (Escaso et al., 2010), and a basal iguanodontian dryosaurid (Dantas, 2000). So far, *Stegosaurus* has an amphiatlantic distribution and *Dacentrurus* is widespread in Europe. The remaining ornithischians, and significantly all the ornithopods, would represent exclusive forms of the Portuguese record.

Theropod dinosaurs are represented by the ceratosaur *Ceratosaurus* (Mateus & Antunes 2000a); the spinosauroid *Torvosaurus* (Mateus & Antunes 2000b); the two carnosaurs *Lourinhanosaurus* (Mateus, 1998) and *Allosaurus* (Pérez-Moreno et al, 1999); and the tyrannosauroid *Aviatyrannis* (Rauhut, 2003). *Lourinhanosaurus* and *Aviatyrannis* are exclusive of the Portuguese record and *Ceratosaurus* and *Torvosaurus* are shared by the North American record. *Allosaurus* remains were attributed both to *A. fragilis*, the same species described in the Morrison Formation (Pérez Moreno et al., 1999); and to *A. europaeus*, an exclusively Portuguese form (Mateus et al., 2006).

The last analyses carried out show a trend to consider the Portuguese sauropods as exclusive taxa: the basal macronaria *Lourinhasaurus* (Dantas et al, 1998; Mocho et al., 2013); the diplodocid *Dinheirosaurus* (Bonaparte & Mateus, 1999; Mannion et al., 2012); and the putative brachiosaurid *Lusotitan* (Antunes & Mateus, 2003; Mannion et al., 2013). Other fragmentary material has been assigned to Turiasauria (Mateus, 2009; Mocho et al., 2012), a eusauropod group mainly recorded in the European Upper Jurassic (Royo-Torres & Upchurch, 2012).

Summing up, the hypothesis of shared reptilian fauna shared between European and North American during the Upper Jurassic has lost ground to a tendency to scenario in which would be already patent the process of vicariance provoked by opening of the proto-North Atlantic. This situation is becoming better supported in the subsequent description of new reptilian taxa exclusive of exclusive taxa at the Upper Jurassic Portuguese record. Indeed, just few species (e.g *Allosaurus fragilis* or *Stegosaurus ungulates*), seem to contradict the emergent hypothesis of vicariance.

## Bibliografia

- ANTUNES, M. T., & MATEUS, O. (2003). Dinosaurs of Portugal. *Comptes Rendus Palevol*, 2, pp. 77–95.
- BONAPARTE, J. F. & MATEUS, O. (1999). A new Diplodocid, *Dinheirosaurus lourinhanensis* gen. et sp. nov., from the Late Jurassic beds of Portugal. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, 5 (2), pp. 13-29.
- BUSCALIONI, A. D., ORTEGA, F., PÉREZ-MORENO, B. P. & EVANS, S. E. (1996) The Upper Jurassic Maniraptoran Theropod *Lisboasaurus estesi* (Guimarota, Portugal) reinterpreted as a crocodylomorph. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 16 (2), pp. 358-362.
- DANTAS, P., (1990). Dinossáurios de Portugal. *Gaia*, 2, pp. 17-26.
- DANTAS, P., SANZ, J. L., SILVA, C. M., ORTEGA, F., SANTOS, V.F. & CACHÃO, M. (1998). *Lourinhasaurus* n. gen. Novo dinossáurio saurópode do Jurássico superior (Kimeridgiano superior-Titoniano inferior) de Portugal. V Congresso Nacional Geologia, 84(1), pp. A91-A94.
- DANTAS, P., YAGÜE, P., HAZEVOET, C.J., ORTEGA, F., SANTOS, V.F., SANZ, J.L., CACHÃO, M., GALOPIM DE CARVALHO, A.M. & SANTOS, J.J. (2000). Estudo preliminar de um novo Iguanodontia basal do Jurássico Superior português. I Congresso Ibérico de Paleontologia, Évora, pp. 12-13.
- ESCASO, F., ORTEGA, F., DANTAS, P., MALAFAIA, E., PIMENTEL, N.L., PEREDA-SUBERBIOLA, X., SANZ, J.L., KULLBERG, J.C., KULLBERG, M.C. & BARRIGA, F. (2007a). New evidence of shared Dinosaur Across Upper Jurassic Proto-North Atlantic: *Stegosaurus* from Portugal. *Naturwissenschaften*, 94, pp. 367-374
- ESCASO, F., ORTEGA, F., DANTAS, P., MALAFAIA, E., SILVA, B. & SANZ, J.L. (2007b) Elementos postcraneales de *Dacentrurus* (Dinosauria: Stegosauria) del Jurásico Superior de Moçafaneira (Torres Vedras, Portugal). In: *Cantera Paleontológica. Diputación Provincial de Cuenca, Cuenca*: pp. 157-172.
- ESCASO, F., SILVA, B., ORTEGA, F., MALAFAIA, E., & SANZ, J. L. (2010). A portuguese Specimen of *Camptosaurus aphanocetes* (Ornithopoda: Camptosauridae) increases the dinosaurian similarity among the Upper Jurassic Alcobaça and Morrison Formation. In: *Abstracts of the Society of Vertebrate Paleontology 70 Annual Meeting, Pittsburgh, USA. Society of Vertebrate Paleontology*, pp. 86A
- GALTON, P. M. (1980). Partial skeleton of *Draconyx zbyzewski* n. gen. and n.sp., an ankylosaurian dinosaur from the Upper Jurassic of Portugal. *Geobios*, 13, pp. 451-457.
- LAPPARENT, A.F. & ZBYSEWSKI G. (1957). Les dinosaures du Portugal. *Memórias dos Serviços Geológicos de Portugal*, 2, pp. 1-63.
- MANNION, P. D., UPCHURCH, P., MATEUS, O., BARNES, R. N., & JONES, M. E. H. (2012). New information on the anatomy and systematic position of *Dinheirosaurus lourinhanensis* (Sauropoda : Diplodocoidea) from the Late Jurassic of Portugal, with a review of European diplodocoids. *Journal of Systematic Paleontology*, 10 (3), pp. 1-31.
- MANNION, P., UPCHURCH, P., BARNES, R.N., MATEUS, O. (2013). Osteology of the Late Jurassic Portuguese sauropod dinosaur *Lusotitan atalaiensis* (Macronaria) and the evolutionary history of basal titanosauriformes. *Zoological Journal of the Linnean Society*, doi: 10.1111/zoj.12029
- MATEUS, O. (1998). *Lourinhasaurus antunesi*, a new Upper Jurassic Allosauroid (Dinosauria: Theropoda) from Lourinhã, Portugal. *Memórias da Academia das Ciências de Lisboa*, 37, pp. 111-124.
- MATEUS, O. (2006). Late Jurassic dinosaurs from the Morrison Formation (USA), the Lourinhã and Alcobaça formations (Portugal), and the Tendaguru Beds (Tanzania): a comparison. *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin*, 36, pp. 223-231.
- MATEUS, O. (2009). The sauropod *Turiasaurus riodevensis* in the Late Jurassic of Portugal. *Journal of Vertebrate Paleontology*, (29, 3), 144A.
- MATEUS, O., & ANTUNES, M. T. (2000a). *Ceratosaurus* sp. (Dinosauria: Theropoda) in the Late Jurassic of Portugal. In: *Proceedings of the 31st International Geological Congress, Rio de Janeiro, Brazil*.
- MATEUS, O., & ANTUNES, M. T. (2001). *Draconyx loureiroi*, a new camptosauridae (Dinosauria, Ornithopoda) from the Late Jurassic of Lourinha, Portugal. *Annales de Paleontologie*, 87, pp. 61–73.

- MATEUS, O., MAIDMENT, S.C.R. & CHRISTIANSEN, N.A. (2009). A new long-necked 'sauropod-mimic' stegosaur and the evolution of the plated dinosaurs. *Proceedings of the Royal Society B*, 276 (1663), pp. 1815–1821.
- MATEUS, O., WALEN, A. & ANTUNES, M.T. (2006). The large theropod fauna of the Lourinhã Formation (Portugal) and its similarity to the Morrison Formation, with a description of a new species of *Allosaurus*. *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin*, 36, pp. 123-129.
- MOCHO, P., ORTEGA, F., ROYO-TORRES, R. (2012). Morphological variation of *Turiasauria*-like teeth and their stratigraphic distribution in Portuguese Upper Jurassic. *Fundamental*, 20, 161-163.
- MOCHO, P.; ROYO-TORRES, R.; ORTEGA, F. (2013). New approach to *Lourinhasaurus alenquerensis* (Macronaria, Camarasauromorpha) from the Portuguese Upper Jurassic. In: Torcida Fernández-Baldor, F.; Huerta, P. (Eds.). *Abstract book of the VI International Symposium about Dinosaurs Palaeontology and their Environment*, pp. 91-92.
- ORTEGA F., MALAFAIA E., ESCASO F., PERÉZ-GARCIA A., DANTAS P. (2009). Faunas de répteis do Jurássico superior de Portugal. *Paleolusitana* 1: 43-56.
- ORTEGA, F., DANTAS, P., ESCASO, F., GASULLA, J.M., MALAFAIA, E. & RIBEIRO, B. (2006). Primera cita de reptiles esfenodontos en el Jurásico Superior de la Península Ibérica. In: Fernández-Martínez, E. (Eds). *XXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología*, pp. 152-153.
- ORTEGA, F., ESCASO, F., GASULLA, J.M., DANTAS, P. & SANZ, J.L (2006). Dinosaurios de la Península Ibérica. *Estudios Geológicos*, 62, pp. 1-6.
- PEREDA-SUBERBIOLA, X., DANTAS, P., GALTON, P. M. & SANZ, J. L. (2005). Autopodium of the holotype of *Drapcopelta zbyzewskae* (Dinosauria, Ankylosauria) and its type horizon and locality. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen*, 235 (2), pp. 175-196.
- PÉREZ-GARCÍA, A., & ORTEGA, F. (2011). *Selenemys lusitanica*, gen. et sp. nov., a new pleurosternid turtle (Testudines: Paracryptodira) from the Upper Jurassic of Portugal. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 31(1), pp- 60–69.
- PÉREZ-GARCÍA, A., ORTEGA, F. & SILVA, B. (2010). Análisis preliminar de la diversidad de quelonios del Jurásico Superior de Torres Vedras (Portugal). *Publicaciones del Seminario de Paleontología de Zaragoza*, 9, pp. 235–238.
- PÉREZ-MORENO, B. P., CHURE, D. J., PIRES, C., MARQUES DA SILVA, C., DOS SANTOS, V.F., DANTAS, P., PÓVOAS, L., CACHÃO, M., SANZ, J. L. & GALOPIM DE CARVALHO, A. M. (1999). On the presence of *Allosaurus fragilis* (Theropoda, Carnosauria) in the Upper Jurassic of Portugal: first evidence of an intercontinental dinosaur species. *Journal of the Geological Society (London)* 156, pp. 449-452.
- PROTHERO, D. R. & ESTES, R. (1980). Late Jurassic lizards from Como Bluff, Wyoming and their palaeobiogeographic significance. *Nature*, 286, pp. 484-486.
- RAUHUT, O.W.M. (2003) A tyrannosauroid dinosaur from the Upper Jurassic of Portugal. *Palaeontology*, 46 (5), pp. 903-910.
- ROYO-TORRES R., & UPCHURCH P. (2012). The cranial anatomy of the sauropod *Turiasaurus riodevensis* and implications for its phylogenetic relationships. *Journal of Systematic Palaeontology*, 10(3), pp. 553-583.
- SCHWARZ, D. (2002). A new species of *Goniopholis* from the Upper Jurassic of Portugal. *Palaeontology*, 45 (1), pp. 185-208.
- SCHWARZ, D. & FECHNER, R. (2004). *Lusitanisuchus*, a new genus name for *Lisboasaurus mitracostatus* (Crocodylomorpha, Mesoeucrocodylia), with a description of new remains from the Late Jurassic (Kimmeridgian) and Early Cretaceous (Berriasian) of Portugal. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 41 (10), pp. 1259-1271.
- SCHWARZ, D. & SALISBURY, S. W. (2005). A new species of *Theriosuchus* (Atoposauridae, Crocodylomorpha) from the Late Jurassic (Kimmeridgian) of Guimarota, Portugal. *Geobios* 38 (6), pp. 79-802

## ***Comunicações Orais***

## ***Rios Atmosféricos e precipitação na Ilha da Madeira***

### *Atmospheric Rivers and precipitation in the Madeira Island*

F. Couto<sup>1\*</sup>, R. Salgado<sup>1,2</sup>, M. J. Costa<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Geofísica de Évora – CGE, Rua Romão Ramalho, 59, 7000 – Évora, Portugal.

<sup>2</sup> Universidade de Évora, departamento de física, Rua Romão Ramalho, 59, 7000 – Évora, Portugal.

\* [couto.ft@gmail.com](mailto:couto.ft@gmail.com) (Flavio Couto).

**Resumo:** Os resultados preliminares da análise de 10 anos de observação de satélite são apresentados com o objetivo de documentar alguns aspetos relacionados com os rios atmosféricos e o seu impacto no volume de precipitação observado na ilha da Madeira durante 10 anos. Na análise são utilizados registos de precipitação à superfície e valores de água precipitável obtidos a partir do sensor AIRS instalado no satélite AQUA. A análise das imagens tem possibilitado contabilizar os dias em que ocorreu a passagem de rios atmosféricos sobre a ilha, e as principais características associadas a eles. O estudo também tem contribuído para uma melhor compreensão acerca do papel desempenhado pelos rios atmosféricos na formação e intensificação da precipitação na ilha da Madeira.

**Palavras-chave:** Rios Atmosféricos; Precipitação; Ilha da Madeira.

**Abstract:** Preliminary results of 10-years analysis of satellite data are presented in order to document some aspects related to atmospheric rivers, as well as their impact on the heavy precipitation events observed in the Madeira Island. Rain gauge data and the total precipitable water values obtained from the AIRS on board of the AQUA satellite are used in this study. From the analysis of the images it was possible to record the days in which there was a filamentary structure with high values of vapor passing over the island, and the main aspects associated to them. The analysis has contributed to a better understanding of the role of the atmospheric rivers in the formation and intensification of rainfall on the Madeira Island.

**Key-words:** Atmospheric Rivers; Precipitation; Madeira Island.

## **INTRODUÇÃO**

Durante os meses de outono/inverno a passagem de sistemas meteorológicos sobre o pronunciado relevo da ilha da Madeira oferecem as condições necessárias para que os maiores registos pluviométricos anuais possam ser observados nesse período. Inúmeros aspetos podem ser descritos acerca dos sistemas meteorológicos que afetam o tempo na ilha, porém o presente trabalho destaca o importante papel desempenhado pelos rios atmosféricos. Localizados no sector quente dos ciclones extratropicais, esses rios são responsáveis por grande parte do transporte meridional de vapor de água da região tropical para as latitudes médias pela baixa troposfera, sendo reconhecidos como longas (> 2000 km) e estreitas (< 1000 km) bandas com alta concentração de vapor de água (Ralph et al., 2004; Zhu e Newell 1994; Zhu e Newell, 1998). O impacto desse transporte de vapor de água de origem tropical no desenvolvimento e intensificação de sistemas meteorológicos nas latitudes médias tem sido melhor compreendido e documentado nos últimos anos, principalmente



em regiões onde a orografia é um fator determinante na formação de precipitação do tipo orográfica (e.g. **Houze, 2012**). Por exemplo, os rios atmosféricos favorecem o desenvolvimento de tempestades associadas a extremos de precipitação e consequentes cheias na costa oeste dos Estados Unidos (**Ralph et al., 2004; Ralph et al., 2006; Neiman et al., 2008**). A influência desses rios também é observada sobre outras regiões, como por exemplo, estando associado a cheias observadas no Reino Unido (e.g. **Lavers et al., 2011**).

Mesmo apresentando um relevo que a caracteriza como uma pequena ilha (58 km de comprimento, 23 km de largura, e picos acima de 1800 m), os rios atmosféricos que passam sobre a ilha da Madeira desempenham um importante papel na intensificação da precipitação nas regiões mais elevadas da ilha. Tal aspeto foi observado por **Couto et al. (2012)** numa análise dos eventos de precipitação intensa na ilha durante o inverno de 2009/2010, assim como para um evento de cheia repentina e deslizamentos de terra observados no outono de 2012 (**Couto et al., 2013**). Portanto, o objetivo do estudo é documentar alguns aspetos relacionados com rios atmosféricos sobre o Atlântico, buscando compreender melhor a relação entre esses rios e os eventos de precipitação intensa na ilha da Madeira.

## DADOS E METODOLOGIA

Para a realização deste estudo foram utilizadas imagens com valores de água precipitável obtidos por meio do *Atmospheric Infrared Sounder (AIRS)*, instrumento integrado no segundo satélite de observação da Terra (Projecto EOS-Aqua). O EOS-Aqua foi lançado em Maio de 2002, e encontra-se numa órbita circular a 705 km de altitude. O AIRS possui 2378 bandas espectrais no canal infravermelho (3.7 – 15.4  $\mu\text{m}$ ) e 4 bandas espectrais no visível e infravermelho próximo (0.4 - 1.0  $\mu\text{m}$ ) (**Aumann et al. 2003**). A área de observação cobre grande parte do Oceano Atlântico Norte, entre as latitudes de 10 e 60°N, e longitudes entre 100°O e 5°E (**Figura 1**). São também analisados registos de precipitação em diferentes estações meteorológicas de superfície da ilha da Madeira, cujo período de observação varia entre 1 e 10 anos, dependendo da estação.

A metodologia adotada consiste na análise visual de imagens de satélite referente a um período de 10 anos de observação diária. Nos últimos anos, diferentes técnicas têm sido utilizadas para a identificação de rios atmosféricos (e.g., **Ralph et al. 2004; Lavers et al., 2012; Wick et al. 2013**). Neste estudo os rios são reconhecidos e identificados visualmente como estreitas bandas com altos valores de água precipitável. Tendo em conta a variação sazonal dos valores de vapor de água na atmosfera da região de estudo, não foi adotado inicialmente nenhum limiar, considerando-se assim, filamentos que apresentavam intenso gradiente horizontal de água precipitável sobre a região da ilha da Madeira.



**Figura 1:** O retângulo em destaque na imagem representa a região para qual foram analisados os valores de água precipitável obtidos por meio do AIRS.

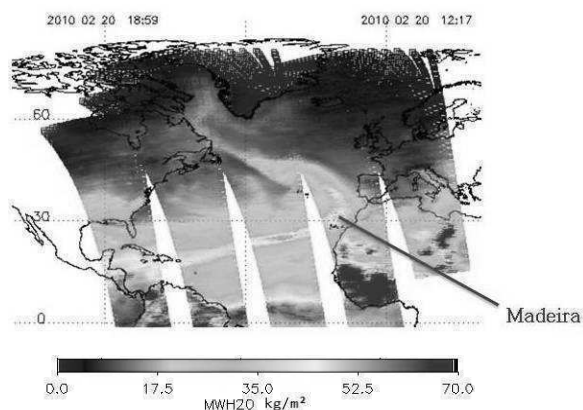
## RESULTADOS E CONCLUSÕES

A análise visual das imagens de satélite tem permitido observar algumas características relacionadas com o transporte de elevada quantidade vapor de água dos trópicos em direção às latitudes médias sobre o Oceano Atlântico através de estruturas filamentosas designadas por rios atmosféricos.

Na análise foram consideradas as estruturas que passam sobre o arquipélago da Madeira que se apresentavam bem definidas, ou seja, com o comprimento superior à largura, e onde se verificou ainda haver um significativo gradiente horizontal dos valores de água precipitável. Esta ressalva é feita uma vez que também foi observado que muitos rios são identificados no oeste do Atlântico Subtropical e acabam por alcançar a ilha da Madeira mas já em fase de dissipação. O transporte de vapor associado aos rios que efetivamente passaram sobre a ilha da Madeira, ocorre fundamentalmente devido a dois mecanismos. O primeiro compreende um fluxo de vapor que se inicia na Zona de Convergência Intertropical, representando um transporte mais latitudinal; no segundo, essa estrutura tem o carácter de um transporte mais meridional e o rio atmosférico tem a sua origem na região oeste do Oceano Atlântico, aproximadamente acima da latitude de 20°N.

Quanto à intensidade desses rios, ou seja, a quantidade de vapor que é transportada com eles, os máximos variam sazonalmente. Nas estações mais quentes do ano, os rios apresentam, por vezes, valores máximos de água precipitável superiores a 60 Kg/m<sup>2</sup>, enquanto durante o período mais frio os valores máximos atingem valores entre 25 e 30 kg/m<sup>2</sup>.

Ao confrontar os dias em que foram identificados rios sobre a ilha com os registos de precipitação, observa-se que parte dos eventos com forte ou extrema precipitação registados durante o outono e inverno têm sido associados a influência de rios atmosféricos. Por exemplo, no dia 20 de Fevereiro de 2010, associados a passagem dessa estrutura (**Figura 2**), foram acumulados 387,1 mm de precipitação nas regiões mais elevadas da ilha, condições que favoreceram a ocorrência de deslizamentos de terra em alguns pontos da ilha. Contudo, esse trabalho tem sido importante no âmbito de conhecer melhor as condições atmosféricas de larga escala favoráveis à ocorrência de alta quantidade de precipitação na Ilha da Madeira, uma vez que esses rios transportam alta quantidade de vapor de origem tropical para a região da ilha da Madeira.



**Figura 2:** Imagem de satélite Aqua-AIRS referente à água precipitável no dia 20/02/2010 – 18:59 UTC. A escala de cores representa a quantidade total de vapor de água integrada desde a superfície até ao topo da atmosfera.

### Agradecimentos

Esse trabalho tem sido financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) no âmbito da bolsa de Doutoramento com referência SFRH/BD/81952/2011. Os autores também agradecem o financiamento do Centro de Geofísica de Évora, Portugal, a partir do contrato com a FCT Pest-OE/CTE/UI0078/2011, e ao Instituto Português do Mar e da Atmosfera - IPMA pela disponibilização dos dados de precipitação no arquipélago da Madeira.

### Referências

- AUMANN, H., CHAHINE, M.T., GAUTIER, C., GOLDBERG, M.D., KALNAY, E., MCMILLIN, L.M., REVERCOMB, H.E., ROSENKRANZ, P.W., SMITH, W.L., STAELIN, D.H., STROW, L.L., SUSSKIND, J., (2003). AIRS/AMSU/HSB on the Aqua mission: design, science objectives, data products, and processing systems. *IEEE T. Geoscience and Remote Sensing*, 253-264.
- COUTO, F. T., SALGADO, R., AND COSTA, M. J., (2012). Analysis of intense rainfall events on Madeira Island during the 2009/2010 winter, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 12, 2225-2240, doi:10.5194/nhess-12-2225-2012.
- COUTO, F. T., SALGADO, R., AND COSTA, M. J. (2013). Flash flood in Madeira Island in autumn 2012. 7<sup>th</sup> European Conference on Severe Storms. Helsinki, Finland.
- HOUZE, R. A. Jr., (2012). Orographic effects on precipitating clouds, *Rev. Geophys.*, 50, RG1001, doi:10.1029/2011RG000365.
- LAVERS, D. A., R. P. ALLAN, E. F. WOOD, G. VILLARINI, D. J. BRAYSHAW, AND A. J. WADE (2011), Winter floods in Britain are connected to atmospheric rivers, *Geophys. Res. Lett.*, 38, L23803, doi:10.1029/2011GL049783.
- LAVERS, D.A., G. VILLARINI, R.P. ALLAN, E.F. WOOD, AND A.J. WADE, (2012). The detection of atmospheric rivers in atmospheric reanalyses and their links to British winter floods and the large-scale climatic circulation, *Journal of Geophysical Research*, 117, D20106, doi:10.1029/2012JD018027.
- NEIMAN, PAUL J., F. MARTIN RALPH, GARY A. WICK, JESSICA D. LUNDQUIST, MICHAEL D. DETTINGER, (2008). Meteorological Characteristics and Overland Precipitation Impacts of Atmospheric Rivers Affecting the West Coast of North America Based on Eight Years of SSM/I Satellite Observations. *J. Hydrometeorol*, 9, 22–47. doi: http://dx.doi.org/10.1175/2007JHM855.1.
- RALPH, F. MARTIN, PAUL J. NEIMAN, GARY A. WICK (2004). Satellite and CALJET Aircraft Observations of Atmospheric Rivers over the Eastern North Pacific Ocean during the Winter of 1997/98. *Mon. Wea. Rev.*, 132, 1721–1745. doi: http://dx.doi.org/10.1175/1520-0493(2004)132<1721:SACAOO>2.0.CO;2.
- RALPH, F. M., P. J. NEIMAN, G. A. WICK, S. I. GUTMAN, M. D. DETTINGER, D. R. CAYAN, AND A. B. WHITE (2006). Flooding on California's Russian River: Role of atmospheric rivers, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L13801, doi:10.1029/2006GL026689.
- WICK, G. A., P. J. NEIMAN, AND F. M. RALPH, (2013). Description and validation of an automated objective technique for identification and characterization of the integrated water vapor signature of atmospheric rivers. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 51, 2166–2176.
- ZHU, Y., AND R. E. NEWELL, (1994). Atmospheric rivers and bombs. *Geophys. Res. Lett.*, 21, 1999-2002.
- ZHU, Y., AND R. E. NEWELL, (1998). A Proposed Algorithm for Moisture Fluxes from Atmospheric Rivers. *Mon. Wea. Rev.*, 126, 725–735. doi: http://dx.doi.org/10.1175/1520-0493(1998)126<0725:APAFMF>2.0.CO;2.

# ***Simulações Numéricas sobre a Formação e Evolução de Nevoeiros na Região Alentejo***

*Numerical Simulations of Fog Formation and evolution in Alentejo Region*

C. Policarpo<sup>1,2\*</sup>, R. Salgado<sup>1,2</sup>, M. J. Costa<sup>1,2</sup>

1 Universidade de Évora, Departamento de Física, Évora

2 Centro de Geofísica de Évora, Évora

\* m8981@alunos.uevora.pt

**Resumo:** Os episódios de nevoeiro têm frequentemente grande impacto nos transportes aéreos, marítimos e terrestres. O facto de a visibilidade ser uma das variáveis meteorológicas mais difíceis de prever, torna a sua compreensão bastante importante. Neste trabalho são apresentadas simulações numéricas de um evento de nevoeiro ocorrido no dia 2013-02-05, na Região do Alentejo, recorrendo às capacidades do modelo MESO-NH (Mesoscale Non-Hydrostatic Model). Na validação do modelo foram usados dados de observações in situ da estação meteorológica da Base Aérea Nº 11 em Beja e de Detecção Remota do satélite METEOSAT-10. Neste trabalho é apresentado um caso de estudo, tendo sido obtida uma boa aproximação entre a situação observada e a sua modelação.

**Palavras-chave:** Nevoeiro, Modelação Numérica, Meso-NH, Previsão Meteorológica.

**Abstract:** Usually, a fog episode has a big impact on air, maritime and land transportations. As visibility is one of the most difficult weather variables to predict, its understanding becomes very important. This work presents numerical simulations of one fog event occurred on 2013-02-05, in Alentejo Region, using capabilities of MESO-NH (Non-Hydrostatic Mesoscale Model) model. In the model validation in situ observations of the Air Base Nº 11 weather station in Beja were used as well as Remote Sensing data from the satellite METEOSAT-10. A case study is presented in this work. A good approximation was obtained between the observed situation and its modeling.

**Key-words:** Fog, Numerical Modeling, Meso-NH, Weather Forecast.

## **INTRODUÇÃO**

Os eventos de nevoeiro têm grande impacto para o tráfego aéreo, marítimo e rodoviário. O facto de a visibilidade ser uma das variáveis meteorológicas mais difíceis de prever, torna a sua compreensão ainda mais importante, existindo assim a necessidade de aplicar as mais recentes técnicas e abordagens no aperfeiçoamento da previsão da formação e evolução de nevoeiros.

Por nevoeiro designa-se a suspensão de gotículas de água ou cristais de gelo na atmosfera junto à superfície, reduzindo a visibilidade horizontal a menos de 1 km. Todavia, pode-se considerar como uma nuvem com a base em contato com o solo. A formação de nevoeiro envolve vários processos, como a física das nuvens, a química dos aerossóis, a radiação, a turbulência, a dinâmica de grande e pequena escala e as condições da superfície, nomeadamente superfícies aquáticas, orografia, tipo de vegetação e tipo de solo (GULTEPE et al., 2007). As condições para a sua formação são a existência de humidade relativa elevada, núcleos de condensação e um processo de arrefecimento. Ocorre frequentemente em situações de estabilidade atmosférica em noites de céu limpo e vento fraco,

podendo ser intensificado na presença de poluentes atmosféricos (ROACH, 1994). A dissipação do nevoeiro ocorre sobretudo com o aumento da radiação solar, o aumento da velocidade do vento, a advecção de ar mais seco ou ainda com a advecção de uma camada de nuvens superior (METOFFICE, 1996). No Alentejo a frequência de nevoeiros tem o máximo no inverno, como se pode ver na Figura 1, sendo sobretudo de radiação. Contudo, também ocorrem nevoeiros de advecção, em especial no litoral, e orográficos, por bloqueio das serras da Região.

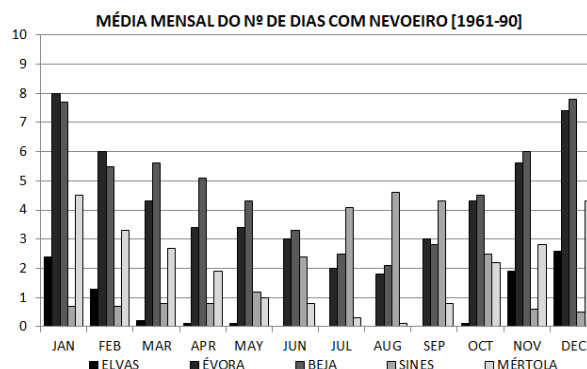


Figura 1 – Dias de nevoeiros em várias estações da região.

## OBSERVAÇÕES METEOROLÓGICAS

Na Detecção Remota deste evento de 2013-02-05 foram utilizados dados do satélite geostacionário METEOSAT-10. Como durante a noite os nevoeiros e nuvens muito baixas são bastante difíceis de detetar, porque o seu topo e o solo descoberto apresentam temperaturas muito semelhantes (BADER et al., 1995), foram utilizadas as diferenças entre os canais IR3.9 e IR10.8 (3,9  $\mu\text{m}$  e 10,8  $\mu\text{m}$ , respetivamente) situados na região espectral da janela atmosférica. Foi identificada a formação de nevoeiro, ou nuvens baixas, cerca das 02 UTC na Região do Alto Alentejo, aumentando progressivamente a sua ocupação para Sul. Com o aumento da atividade solar verificou-se a lenta dissipação do nevoeiro e nuvens baixas. Nas observações in situ da BA11 verificou-se o aparecimento de nuvens muito baixas às 05 UTC e redução da visibilidade depois das 06 UTC, sendo inferior a 1 km entre as 07 e as 10 UTC.

Em toda a região do Alentejo apenas a estação meteorológica da Base Aérea Nº 11 / Aeroporto de Beja, executa observações de visibilidade horizontal e nuvens em permanência, sendo-se por isso difícil a validação dos dados obtidos nas simulações numéricas para toda a região.

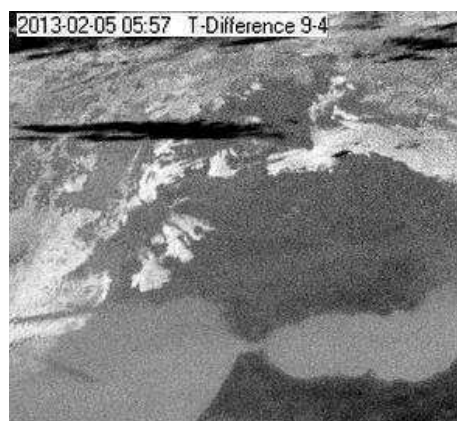


Figura 2 – Imagem de Satélite. Diferença entre os canais IR10.8 e IR3.9 do MSG cerca das 06:00 UTC.

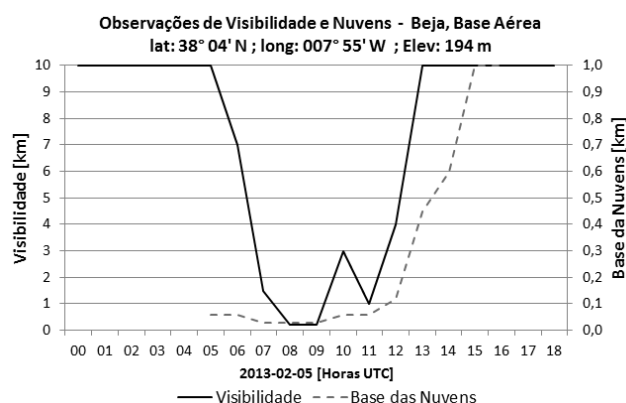
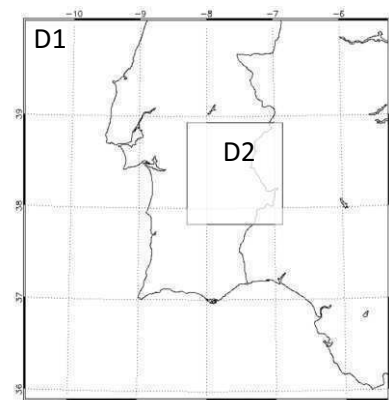


Figura 3 – Observações de Visibilidade Horizontal e Altura da base das Nuvens na BA11 em 2013-02-05.

## MODELO MESO-NH

Foi usado neste trabalho o Sistema de modelação atmosférica Meso-NH, desenvolvido numa parceria entre o *Centre National de Recherches Météorologiques* e o *Laboratoire d'Aérodynamique*, ambos franceses. Este é capaz de simular movimentos atmosféricos em várias escalas, desde a escala sinóptica (centenas de quilómetros) à microescala (dezenas de metros) (LAFORE et al., 1998). A utilização do método de *grid nesting* (aninhamento de grelhas) permite efetuar simulações simultâneas em diferentes escalas. Nas simulações realizadas foram definidos dois domínios, o maior (D1) com 150x150 pontos de grelha, uma resolução horizontal de 3 km e centrado em (38° 00' N, 008° 00' W), e um domínio menor (D2) com 120x120 pontos de grelha e uma resolução horizontal de 1 km visando o estudo mais pormenorizado das regiões do Lago de Alqueva e Beja. Para fornecer ao modelo as condições fronteira inferiores são necessários dados sobre vários parâmetros da superfície criados a partir de informação específica de bases de dados globais com uma resolução espacial de 30" (~ 1 km).

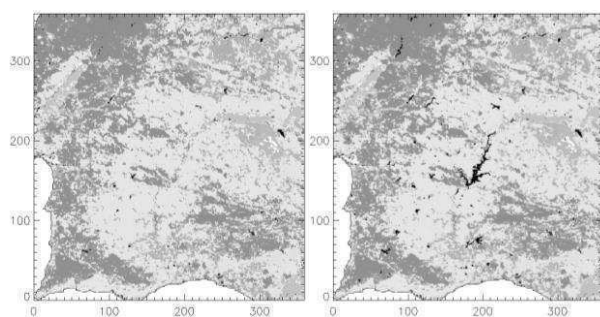


**Figura 4** – Configuração dos domínios do modelo MESO-NH.

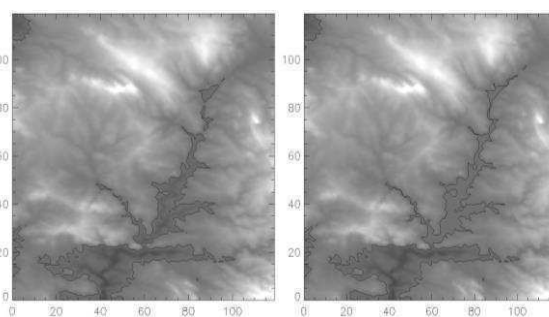
## METODOLOGIA

No caso em estudo, o Modelo foi inicializado e forçado com os campos obtidos das reanálises operacionais do ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts).

Para desenvolver as simulações houve a necessidade alterar os parâmetros de superfície das bases de dados ECOCLIMAP (Cobertura da superfície) e GTOPO30 (orografia), pois verificou-se que o Alqueva e outros lagos interiores não estavam representados, como se pode ver nas Figuras 5 e 6. Podendo assim fazer-se a verificação do impacto de Alqueva no que se refere a nevoeiros.



**Figura 5** – Informação na Base de Dados ECOCLIMAP, antes e depois da alteração (lagos a preto).

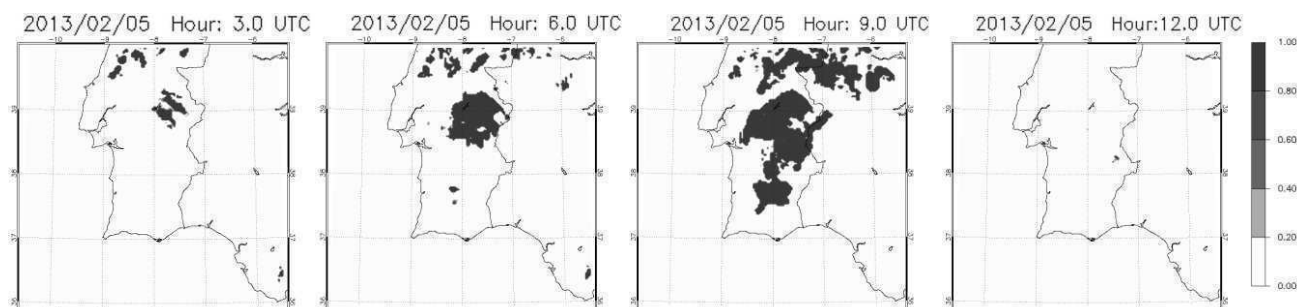


**Figura 6** – Orografia da Base de Dados GTOPO30, antes e depois da alteração (Alqueva 152 m).

A análise efetuada focou-se principalmente nas variáveis 3D do modelo de Temperatura do Ar, Humidade Relativa, Fração de Nuvens, Visibilidade Horizontal e Componentes Vento, através de gráficos 2D Horizontais, de Cortes Verticais, bem como, de Perfis Verticais Locais e de Evolução Temporal das várias variáveis.

## RESULTADOS

As simulações mostram a formação de nevoeiro cerca das 02 UTC nas regiões do Alto Alentejo aumentando gradualmente a sua ocupação para Sul, estando o Interior do Alentejo praticamente coberto às 09 UTC. Com o aumento da atividade solar verificou-se a dissipação lenta do nevoeiro e nuvens baixas, como se pode ver na Figura 7.



**Figura 7** – Representação Horizontal (~ 10 m) da Evolução do Nevoeiro no Domínio D1 (tons de cinzento).

No referente aos dados obtidos para o ponto análogo à BA11, este mostra a ocorrência de nevoeiro entre as 07 e as 11 UTC e nuvens baixas a aparecerem apenas com a dissipação do nevoeiro.

## CONCLUSÃO

O trabalho aqui exposto permite validar o modelo MESO-NH na simulação de eventos de nevoeiro na Região do Alentejo, verificando-se uma boa aproximação entre a situação observada e a sua modelação. Com este caso pode-se concluir que as diferenças antes e depois da construção da barragem de Alqueva confirmam o seu impacto direto apenas sobre o Lago e a sua proximidade. Verifica-se ainda que o modelo subestima as nuvens baixas após a dissipação do nevoeiro.

Há a referir que com a construção deste empreendimento, houve também um desenvolvimento regional que alterou a ocupação do solo até aí existente. Será assim necessário rever toda a base de dados ECOCLIMAP para a Região, nomeadamente para a cobertura vegetal, com vista à otimização da Modelação Numérica da Atmosfera onde as Interações Solo-Atmosfera são fundamentais.

## Bibliografia

- BADER, M., FORBES, G., GRANT, J., LILLEY, R., WATERS, A. (1995). *Images in weather forecasting*. University Press, Cambridge, pp. 445-463. ISBN 0 521 45111 6
- GULTEPE, I., TARDIF, R., MICHAELIDES, S., CERMAK, J., BOTT, A., BENDIX, J., MULLER, M., PAGOWSKI, M., HANSEN, B., ELLROD, G. JACOBS, P., TOTH, W., G., COBER, S. G. (2007). *Fog Research: A Review of Past Achievements and Future Perspectives*. *PURE AND APPLIED GEOPHYSICS*, **164**, pp. 1121-1159.
- LAFORE, J., STEIN, J., ASECIO, N., BOUGEAULT, P., DUCROCQ, V., DURON, J., FISCHER, C., HEREIL, P., MASCART, P., PINTY, J., REDELSPERGER, J., RICHARD, E., ARELLANO, J., (1998): *The Meso-NH Atmospheric Simulation System. Part 1: Adiabatic Formulation and Control Simulation*, *Ann. Geophys.*, **16**, 90-109.
- METOFFICE (1996). *Forecasters' Reference Book*. Bracknell, pp. 71-87. ISBN 0 86180 321 3
- ROACH, W. (1994). *Back to basics: Fog: Part 1—Definitions and basic physics*, *Weather*, **49**, 411-415.

## ***Propriedades de nuvens e radiação: Motivação e planificação da investigação***

*Cloud properties and radiation: research motivation and planning*

V. Salgueiro<sup>1\*</sup>, M. J. Costa<sup>2</sup>, F. Couto<sup>1</sup>, R. Salgado<sup>2</sup>, A. M. Silva<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Évora, Centro de Geofísica de Évora, Rua Romão Ramalho nº59 7000 Évora

<sup>2</sup> Universidade de Évora, Departamento de Física, Centro de Geofísica de Évora, Rua Romão Ramalho nº59 7000 Évora

<sup>3</sup> Centro de Geofísica de Évora, Rua Romão Ramalho nº59 7000 Évora

\* vsalgueiro@uevora .pt (Vanda Salgueiro)

**Resumo:** Neste trabalho pretende-se apresentar o projeto de doutoramento intitulado “*Deteção remota por satélite de propriedades das nuvens e a sua influência na radiação solar e terrestre*”, cujos objetivos principais são o desenvolvimento de um método de inversão, baseado na utilização de imagens de satélite geoestacionário, a fim de determinar as propriedades e parâmetros microfísicos, óticos e termodinâmicos que caracterizam o campo nebuloso e a avaliação do efeito das nuvens na radiação, em diferentes partes do espectro eletromagnético (radiação solar e terrestre). Também será apresentado um cenário sintético, de uma imagem de satélite de um campo de nuvens, o qual constitui uma ferramenta importante para explorar e avaliar o desempenho dos vários métodos de inversão a fim de encontrar o mais adequado para a inversão das imagens de satélite. Isto constitui o início do trabalho de doutoramento.

**Palavras-chave:** nuvens, radiação, deteção remota, satélites.

**Abstract:** This work intends to present the PhD proposal entitled “*Satellite remote sensing of cloud properties and its influence on solar and terrestrial radiation*”, whose main objectives are the development of an inversion method, based in geostationary satellite imagery, in order to determine microphysical, optical and thermodynamic properties and parameters that characterize the cloud field and the evaluation of the cloud effects on radiation, in different parts of the electromagnetic spectrum (solar and terrestrial radiation). It will be also presented a synthetic scenario, of a clouds field satellite image, being an important tool to explore and evaluate the performance of several inversion methods in order to find the most appropriate for the inversion of satellite images. This constitutes the beginning of the PhD work.

**Key-words:** clouds, radiation, remote sensing, satellites.

### **INTRODUÇÃO**

As nuvens são fatores reguladores do balanço de energia da Terra, influenciando a absorção e dispersão da radiação solar e a absorção e emissão da radiação terrestre, e do ciclo hidrológico global. Deste modo, as nuvens têm um papel fundamental no tempo e no clima da Terra, pelo que a sua monitorização e caracterização são importantes e a única forma de o fazer com resoluções espacial e temporal apropriadas é usando medidas de satélite. O principal objetivo deste projeto de doutoramento é desenvolver um método para a caracterização das nuvens, baseado em imagens do SEVIRI (Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager), que se encontra a bordo do satélite



Meteosat, com resolução espacial e temporal (3 km; 15 minutos) adequadas à monitorização e ao estudo dos efeitos das nuvens na radiação (UV, VIS e IR), o qual até à data não se encontra disponível como produto operacional de satélite. As propriedades das nuvens que se pretendem obter são: nebulosidade, estado físico, espessura ótica, conteúdo de água líquido/gelo, raio eficaz, temperatura, pressão e altitude do topo. O tema deste doutoramento está inserido numa das atuais linhas de investigação do grupo de Meteorologia e Clima do Centro de Geofísica de Évora (CGE) que interessa aprofundar, dando continuação a estudos já iniciados (Cattani *et al.* 2007, Costa *et al.* 2007; Santos *et al.*, 2008). Os métodos que serão aplicados baseiam-se essencialmente na comparação entre medidas radiativas do satélite em várias regiões espectrais e simulações correspondentes, as quais incluirão diferentes tipos de superfície (terra e mar) e de condições atmosféricas, incluindo uma gama variada de descrições das nuvens. Serão usados três canais espectrais, um no visível, um no infravermelho próximo e um no infravermelho térmico, sendo cada um deles sensível a determinados parâmetros que caracterizam as nuvens. Os métodos de inversão a explorar no âmbito deste trabalho, têm de ser aplicados simultaneamente a todos os canais espectrais, e incluem métodos de minimização não lineares e métodos de interpolação a  $n$  dimensões, devendo assumir-se a priori valores típicos para a caracterização de aerossóis, assim como parametrizações para nuvens de gelo (Mayer and Kylling, 2005). O método de inversão mais adequado será avaliado pela comparação dos resultados obtidos com determinações independentes de outros satélites (MODIS, CloudSat, Calipso) e com medidas de superfície obtidas no observatório do CGE. A caracterização regular das nuvens na área de estudo (Península Ibérica) permitirá analisar o efeito de diferentes tipos de nuvens na radiação solar e terrestre, pelo que será estimado o forçamento radiativo e será efectuada uma análise das variações mensais e sazonais dos diferentes tipos de nuvens.

### **CENÁRIO SINTÉTICO DE IMAGENS DE SATÉLITE**

O trabalho já iniciado consistiu na construção de um cenário sintético de uma imagem de satélite SEVIRI sobre a região Sul da Península Ibérica. As imagens de satélite artificiais constituem uma ferramenta útil para avaliar os métodos de inversão em deteção remota, pois permitem explorar e avaliar o desempenho de vários algoritmos de inversão para condições atmosféricas conhecidas, em cada pixel da imagem, representativas das condições reais.

A imagem foi construída a partir de simulações de transferência radiativa, realizadas com o modelo LibRadtran, nas quais foi considerada a geometria de observação do SEVIRI. A caracterização da atmosfera em termos de nuvens, necessária como parâmetro de entrada à simulação com o LibRadtran, foi feita a partir de resultados de simulação realizadas com um modelo atmosférico de mesoescala (Meso-NH) considerando um domínio com uma resolução espacial de 3km (semelhante à do SEVIRI).

Posteriormente, pretende-se aplicar vários métodos de inversão à imagem sintética criada a fim de verificar qual o melhor método de inversão (menor erro) para obter as propriedades das nuvens a partir de imagens de satélite. Este método de inversão permitirá comparar a imagem de satélite com Look-up tables (LUTs) já criadas, as quais incluem diferentes tipos de condições atmosféricas, geometrias correspondentes às do SEVIRI e diferentes canais espectrais (solar e infravermelho).

#### Agradecimentos

Este trabalho é financiado pela FCT – Fundação para a Ciência e Tecnologia no âmbito da bolsa de doutoramento com a referência SFRH/BD/88669/2012. Os autores agradecem também o financiamento disponibilizado pelo Centro de Geofísica de Évora, Portugal, através do contracto com a FCT - PEst-OE/CTE/UI0078/2011.

#### Bibliografia

- CATTANI, E., MELANI, S., LEVIZZANI, V., COSTA, M. J. (2007). The retrieval of cloud top properties using VIS-IR channels. In: Measuring precipitation from space - EURAINSAT and the future. V. Levizzani, P. Bauer, and F. J. Turk, Eds., Springer, pp.79-96.
- COSTA, M. J., CATTANI, E., LEVIZZANI, V., SILVA, A. M. (2007). Cloud microphysical properties retrieval during intense biomass burning events over Africa and Portugal. In: Measuring precipitation from space - EURAINSAT and the future. V. Levizzani, P. Bauer, and F. J. Turk, Eds., Springer, pp.97-111.
- MAYER, B. & KYLLING, A. (2005). *Technical note: The libradtran software package for radiative transfer calculations – description and examples of use. Atmos. Chem. Phys.*, 5, pp.1855-1873.
- SANTOS, D., COSTA, M. J., SILVA, A. M. (2008). Direct SW aerosol radiative forcing over Portugal. *Atmos. Chem. Phys.*, 8, pp.5771-5786.

## ***Influência de um sistema de rega no Campo Eléctrico Atmosférico medido à superfície***

*The Influence of an irrigation system in the Atmospheric Electric Field measured at the surface*

M. Melgão<sup>(2)</sup>, H. G. Silva<sup>(1)(2)</sup>, M. J. Costa<sup>(1)(2)</sup>, A. H. Reis<sup>(1)(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Physics Department, University of Évora, Rua Romão Ramalho, 59, Évora, Portugal

<sup>(2)</sup> Évora Geophysics Centre, University of Évora, Rua Romão Ramalho, 59, Évora, Portugal

**Resumo:** No Centro de Geofísica de Évora está instalado um electrómetro (JCI 131, Chilworth, UK) que monitoriza o campo eléctrico atmosférico (CEA). O electrómetro encontra-se instalado no centro de uma zona verde, abrangida por um sistema de rega automática que é accionado por sectores, duas vezes por dia. A rega do sector que afecta directamente o sensor de CEA dura 30 minutos na parte da manhã (05h00-05h30 UTC) e 1 hora de tarde (19h00-20h00). Assim, através da observação dos dados de CEA verificou-se uma perturbação dos seus valores, coincidente com o horário da rega. No período de estudo considerado realizaram-se algumas medições com um termo-higrómetro, e verificou-se que a HR aumentava de forma significativa. Esta variação introduz perturbações no CEA semelhantes a uma situação de mau tempo [1]. A perturbação identificada tem a duração do período da rega e o tempo de resposta, é de cerca de 10 minutos. Daqui pode concluir-se que a HR afecta o CEA localmente e futuramente será quantificado este efeito, escolhendo apenas períodos de bom tempo [1].

**Palavras-chave:** Campo Eléctrico Atmosférico, Humidade Relativa

**Abstract:** On the Évora Geophysics Centre is installed an electrometer (JCI 131, Chilworth, UK) which monitors the atmospheric electric field (AEF). The electrometer is installed in the center of a green area, that has an automatic irrigation system working twice a day, 30 minutes in the morning (5:00 a.m. to 5:30 a.m.) and 1 hour in the afternoon (19:00 p.m. to 20:00 p.m.). Based on the observation of the AEF data, it was verified a perturbation on the AEF values in the mentioned period. During the considered study period, we used a thermo-hygrometer, and it was found that the RH after each period increases. The variation on the AEF is similar to a bad weather situation and it takes approximately 10 minutes to recover. Finally, we can conclude that RH affects the AEF locally. In order to quantify this effect, this work will be extended choosing only periods of fair weather.

**Key-words:** Atmospheric Electric Field, Relative Humidity

### **Acknowledgements**

This work was funded through the PhD grant (SFRH/BD/89218/2012) and the post-Doc grant (SFRH/BPD/63880/2009) of the Portuguese Science and Technology Foundation (FCT).

### **References**

- [1] Voeikov, A.I. 1965: Instruction on Preparation of the Material and Publication of the results of the Atmospheric Electric Observations, Ed. Main Geophysical Observatory, Leningrad.

# ***Configuração e Optimização de um Sistema de medição de Campo Eléctrico Atmosférico***

*Configuration and Optimization of an Atmospheric Electric Field Measurement System*

A. Fino<sup>1\*</sup> and L. Baião<sup>1</sup>, M. Melgão<sup>2</sup>, M. Tlemçani<sup>1,2</sup>, H. Silva<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> University of Évora, Physics Department, Rua Romão Ramalho, 59, 7000, Évora

<sup>2</sup> Évora Geophysics Centre, University of Évora, Rua Romão Ramalho, 59, 7000, Évora

\* l26738@alunos.uevora.pt

**Resumo:** Desde o ano de 2005 que o Centro de Geofísica de Évora monitoriza o campo eléctrico atmosférico (CEA), através de um electrómetro JCI 131 - Chilworth Technology, UK [1]. O presente trabalho realiza-se no âmbito da disciplina de projecto Sistemas Mecatrónicos da Licenciatura em Engenharia Mecatrónica. O objectivo principal deste trabalho é a configuração e instalação de um sistema de medição de CEA, de baixo custo e melhor desempenho. O sistema inicial é constituído por um ADC 212 e o sistema implementado é constituído por uma DAQ (NI USB 6009). O sistema implementado recentemente e o sistema de aquisição inicial foram colocados a registar dados em simultâneo de forma a proceder a uma comparação e a uma melhor avaliação sobre o respectivo desempenho. A partir desta análise pode concluir-se que o novo sistema implementado possui algumas vantagens em relação ao inicial, nomeadamente melhor resolução, baixo custo e ainda possibilita a aquisição de informações adicionais (range bit).

**Palavras-chave:** Instrumentação, DAQ, Campo eléctrico atmosférico

**Abstract:** Since 2005, the atmospheric electric field (AEF) is being monitored in the Évora Geophysics Centre, through an electrometer JCI 131 - Chilworth Technology, UK [1]. This work is included in the discipline of Mechatronics Systems, Degree in Mechatronics Engineering. The main goal of this work is the installation and configuration of a measurement system of AEF, characterized by its low cost and improved performance. The initial system consists of an ADC 212 and the implemented system is a DAQ (NI USB 6009). The recently and the initial implemented system were placed together to record data simultaneously, in order to make a comparison and a better evaluation of each performance. Based on this analysis we conclude that the new system implemented has some advantages over the first one, such as better resolution, low cost and also, it allows the acquisition of more information (bit range).

**Key-words:** Instrumentation, DAQ, Atmospheric Electric Field

## **Conclusões Preliminares**

Através do estudo das duas placas, verifica-se as seguintes características:

ADC 212 [2]:

- Resolução: 12 bits
- Impedância de entrada: 1 M $\Omega$
- Frequência de amostragem: 3 MS/s
- Interface: computador .

De notar que este conversor analógico digital já não existe à venda no mercado.

NI USB 6009 [3]:

- Resolução: 14 bits no modo diferencial; 13 bits no modo single-ended
- Impedância de entrada: 144 k $\Omega$
- Frequência de amostragem: 48 kS/s
- Interface: computador
- Custo: 280,00 €.

As desvantagens na utilização do PicoLog em relação à placa da National Instruments são as seguintes:

- Alto custo
- Menor resolução
- Maior dificuldade na utilização (a placa da National Instruments em parceria com o software MATLAB facilita a interface com o utilizador)
- Menor otimização.

Como já referido anteriormente, o sistema implementado recentemente e o sistema de aquisição inicial foram colocados a registar dados em simultâneo (fig.1).

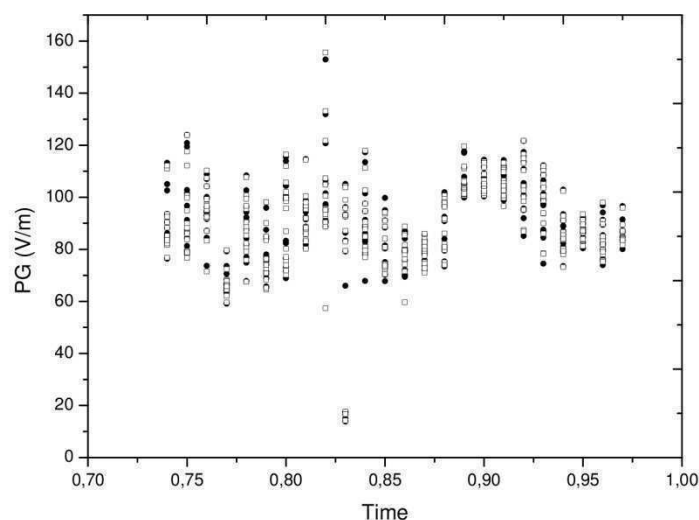


Fig. 1 – Gráfico comparativo entre os dois sistemas de aquisição de dados. Os círculos a cheio dizem respeito aos dados obtidos através do ADC212 e os círculos sem preenchimento correspondem aos dados registados pela DAQ.

Na figura 1, verifica-se que os valores obtidos são da mesma ordem de grandeza, tendo apenas alguma discrepância. Os dados obtidos pela DAQ são normalmente superiores aos valores registados pelo ADC212. Isto acontece devido à diferença de constituição interna dos dois instrumentos. Esta discrepância pode ser atenuada procedendo a uma melhor recalibração e possível reconfiguração dos sistemas de aquisição.

### Perspectivas Futuras

Está previsto que este sistema seja aplicado a novos sensores de campo eléctrico atmosférico. A instalação da instrumentação mencionada está ligada à criação de um Laboratório de Electricidade Atmosférica, a fim de obter registos contínuos de novas variáveis, e desta forma complementar as medições já existentes.

**Agradecimentos:** Os autores agradecem a disponibilidade do Sr. Samuel Bárias e do Eng. Joel Barrenho. Também expressamos a nossa gratidão ao Professor António Heitor Reis pela motivação e por nos introduzir neste tema. Hugo Gonçalves Silva agradece o apoio da Fundação para a Ciência e Tecnologia pela bolsa de pós-doc com a referência SFRH/BPD/63880/2009. Marta Melgão agradece o apoio da Fundação para a Ciência e Tecnologia pela bolsa de Doutoramento com a referência SFRH/BD/89218/2012

### Referências Bibliográficas

- [1] SILVA, H.G., M. Bezzeghoud, A.H. Reis, R.N. Rosa, M. Tlemçani, A. A. Araújo, C. Serrano, J. F. Borges, B. Caldeira, and P. F. Biagi (2011). Activity Atmospheric electrical field decrease during the M=4.1 Sousel earthquake (Portugal), Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 11, 987
- [2] *Webpage:* <http://www.pc-oscilloscopes.com/ADC212-oscilloscope.html> (dia de visualização 20/08/2013)[3]  
*Webpage:* <http://www.ni.com/pdf/manuals/371303m.pdf> (dia de visualização 20/08/2013)

## ***Estudo e avaliação do recurso eólico na região de Évora a partir de dados de uma estação meteorológica***

*Study and evaluation of the wind resource in the region of Évora using data from a weather station*

Germilly Barreto<sup>1\*</sup>, Paulo Canhoto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Licenciatura em Engenharia das Energias Renováveis, Departamento de Física e Centro de Geofísica de Évora, Universidade de Évora, Rua Romão Ramalho, 59, 7000-671 Évora, Portugal.

<sup>2</sup> Departamento de Física e Centro de Geofísica de Évora, Universidade de Évora, Rua Romão Ramalho, 59, 7000-671 Évora, Portugal.

\* [barretogermilly@gmail.com](mailto:barretogermilly@gmail.com)

**Resumo:** Este trabalho aborda o estudo e avaliação do recurso eólico na região de Évora (Mitra) usando valores horários de velocidade e direcção do vento registados numa estação meteorológica. Os dados analisados (1994-2011) foram obtidos a 6 metros de altura, os quais foram primeiro sujeitos a um processo de filtragem e validação, e de seguida a uma extrapolação para as alturas onde normalmente se instalam as turbinas eólicas. O *wind shear exponent* foi determinado para cada sector de direcção do vento. Por fim, foi feita uma avaliação do recurso para essas alturas usando o programa Wasp<sup>1</sup> (*Wind Atlas Analysis and Application Program*) e também através de representações gráficas do recurso eólico. Uma vez que se consiga avaliar o recurso eólico a partir de uma estação meteorológica, já se podem utilizar as várias estações existentes no mundo para estimar a energia disponível no vento.

**Palavras-Chaves:** Vento, Energia Eólica, Recurso Eólico, *Wind Shear Exponent*.

**Abstract:** This paper addresses the study and evaluation of the wind resource in the region of Évora (Mitra) using hourly speed and wind direction data recorded by a weather station. Data were obtained at 6 meters height (1994-2011), which were firstly carried through a filtering and validation process, and then to the extrapolation to normal heights where wind turbines are installed. Wind shear exponent was determined for each wind direction sector. Finally, an assessment of the resource at those heights was carried out using Wasp<sup>1</sup> (*Wind Atlas Analysis and Application Program*) software and also through graphical representations of the wind resource. Once one can evaluate the wind resource from a weather station, the various stations in the world can be readily used to estimate the energy available from wind.

**Key-words:** Wind, Wind Power, Wind Energy Resource, Wind Shear Exponent.

### **1. INTRODUÇÃO**

A estação meteorológica considerada neste estudo localiza-se na Mitra a uma latitude de 38.525387° Norte e uma longitude de 8.016568° oeste, no topo de uma elevação com cerca de 254 metros acima do nível do mar, e num meio envolvente constituído por árvores e edifícios [1, 2]. A estação para além de possuir um anemómetro e um catavento a 6 metros de altura (um segundo anemómetro esteve instalado a 2 metros no período de 1994 a 1996) possui também termómetros a 4 alturas diferentes entre outros sensores. Nesse trabalho foram usados valores horários de velocidade,

---

<sup>1</sup> Software para estimar o recurso eólico e a produção de energia de turbinas eólicas.

direcção do vento e de temperatura do ar desde de 1994 até 2011, os quais foram importados para o Excel onde foi feito o seu tratamento inicial.

## 2. VALIDAÇÃO DE DADOS

A análise dos erros foi feita recorrendo ao Excel e ao software Wasp [3]. Foram usados os seguintes procedimentos e critérios para a análise dos erros:

- Construção de gráficos de velocidade e direcção do vento em função da data/hora, com o objectivo de detectar os intervalos de tempo sem valores;
- Eliminação dos registos nos extremos dos intervalos sem dados, por serem valores horários, e não se saber se a estação parou a meio de uma hora.
- Detecção de valores anómalos como, por exemplo, sequências longas de valores de velocidade nula e gama de variação da direcção do vento fora do esperado.

Estes procedimentos foram feitos para os 18 anos de dados, ficando no final com 12 anos de dados e os restantes 6 anos foram excluídas por possuírem demasiados erros. Juntando todos os 12 anos de dados, obtiveram-se registos que equivaliam aproximadamente a 10 anos de dados completos.

## 3. ESTUDO E AVALIAÇÃO DE RECURSO EÓLICO

### 3.1 Análise de valores de velocidade e direcção aos 6 metros

Depois da filtragem de valores usou-se o programa Wasp para estudar o recurso, cujos outputs são o relatório da quantidade de dados usados, das frequências de ocorrência em cada sector de direcção de vento, dos parâmetros de escala e forma que entram na distribuição de *Weibull* (distribuição de probabilidade contínua de ocorrência do vento) [4] para cada sector de direcção, assim como dos valores globais, a rosa-dos-ventos e os gráficos dos extremos de velocidade do vento. Aos 6 metros de altura verificou-se que a direcção dominante é o norte, sendo a su-sudeste a menos frequente.

### 3.2 Extrapolação para outras alturas

As turbinas de energia eólicas de grande dimensão normalmente encontram-se entre os 20 e 50 metros de altura, mas os dados disponíveis são a 6 metros de altura, portanto foi necessário fazer extrapolações dos dados dos 6 metros para as alturas das turbinas. Para fazer isso recorreu-se aos perfis verticais de velocidade do vento. O atrito existente entre o vento e superfície implica que a velocidade do vento diminua junto da superfície. Existem duas leis que descrevem esse comportamento, lei logarítmica e lei da potência, mas usou-se a lei da potência por ser a que se pode ser modelada para entrar com os critérios de instabilidade da atmosfera, a qual tem a seguinte forma [5]:

$$\frac{u_2}{u_1} = \left( \frac{z_2}{z_1} \right)^\alpha \quad (1)$$



Onde  $u_2$  e  $u_1$  são as velocidades do vento nas alturas  $Z_2$  e  $Z_1$  e  $\alpha$  é o *wind shear exponent*, o qual é positivo porque a velocidade aumenta com a altura. Além da rugosidade e da topografia do terreno,  $\alpha$  também depende de vários factores meteorológicos, como velocidade e direcção do vento, intensidade de turbulência e estabilidade da atmosfera, entre outros, o que leva a que exista um valor típico para cada situação meteorológica e, desta forma, seja necessário arranjar funções que o descrevem em função das grandezas meteorológicas. Para fazer as extrapolações é preciso primeiro estimar o valor de  $\alpha$  usando velocidades do vento a duas alturas diferentes. Para esse fim, usaram-se os valores de velocidade do vento entre 1994 e 1996 de um outro anemómetro instalado a 2 metros de altura em conjunto com a equação anterior, procedendo-se também à organização desses dados por sectores de direcção de vento e à construção de gráficos do  $\alpha$  em função da velocidade do vento. Foi assim possível encontrar funções que se aproximavam à distribuição de  $\alpha$  em cada um dos 12 sectores. As funções que melhor se ajustam aos pontos são funções de potência, com a seguinte forma:

$$\alpha = a \times u^b \quad (2)$$

Em que  $u$  é a velocidade do vento aos 6 metros e  $a$  e  $b$  são coeficientes de ajuste. Para extrapolar as velocidades do vento no restante período de registos para os 20 e 50 metros usou-se a função do  $\alpha$ , que depende da velocidade do vento. Os gráficos da Figura 1 representam os ajustes de  $\alpha$  para os vários sectores de direcção de vento desde o sector  $0^\circ$  ao de  $330^\circ$ :

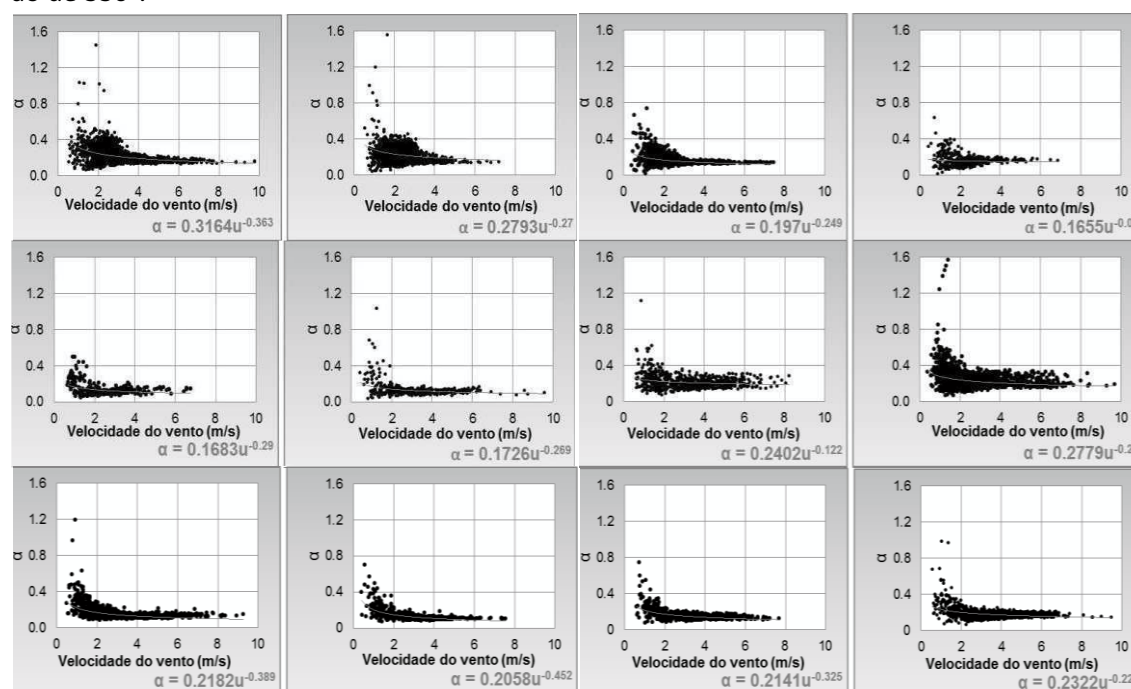
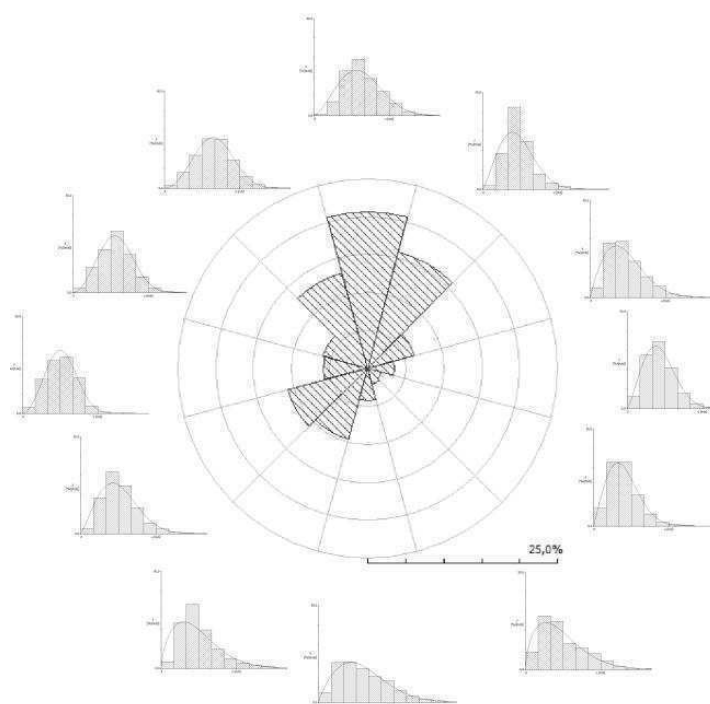


Figura 1-Wind shear exponent para os 12

Os novos valores de velocidades do vento aos 20 e aos 50 metros foram de seguida processados no Wasp da mesma maneira que no caso dos 6 metros de altura. Na Tabela 1 e Figura 2 é apresentado o resumo de valores médios e distribuição de velocidade, e os coeficientes da distribuição de *Weibull* para as várias alturas.

**Tabela 1**–Resumo da avaliação de recurso eólico.

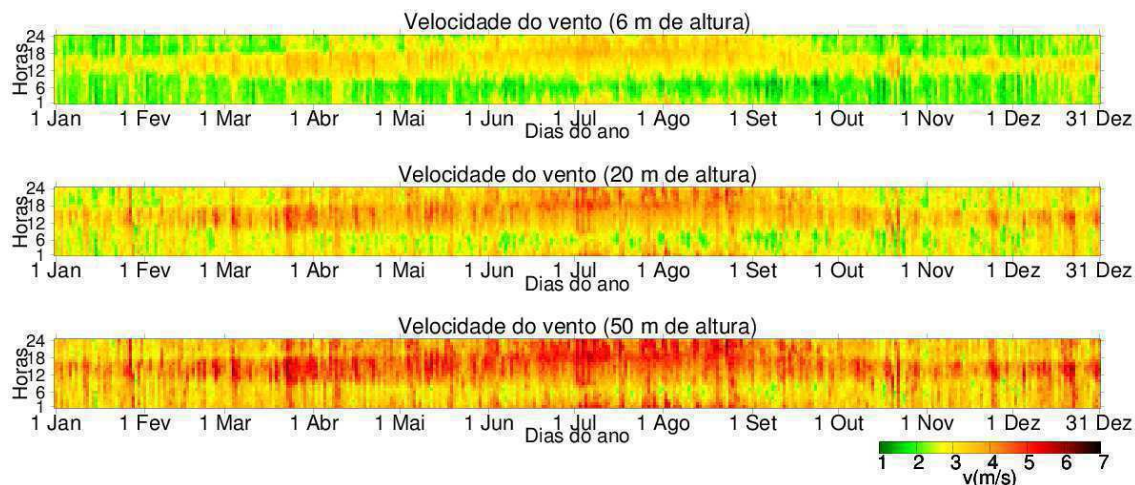
Altura (metros)	6	20	50
Vel. Média (m/s)	2,61	3,30	3,92
Classe mais frequente (m/s)	[2;3[	[2;3[	[3;4[
Weibull c (m/s)	3,0	3,7	4,3
Weibull k	2,07	2,17	2,19



**Figura 2**–Rosa dos ventos e distribuição de velocidades

### 3.3 Representação do recurso eólico

Na última parte de caracterização do recurso construíram-se representações gráficas para caracterizar o recurso e de detectar padrões de velocidade e direcção do vento. Os gráficos de códigos de cores da Figura 3 representam o recurso ao longo das horas e dos dias do ano médio (matriz de 24 horas por 365 dias do ano) utilizando o software *gnuplot* [6]. Para a velocidade do vento e a densidade de potência disponível, foi calculada a média para cada hora dos dias do ano dos vários anos disponíveis. No cálculo da densidade de potência disponível, a qual depende da densidade do ar, também foram usados os valores médios de temperatura. No caso da direcção do vento foi determinada a frequência de ocorrência do vento em cada sector de direcção em períodos de três horas ao longo dos dias do ano.



**Figura 3-**Velocidade do vento ao longo das horas dos dias do ano

#### 4.CONCLUSÕES

Ao longo desse trabalho verificou-se a extrema importância de validação dos dados, pois são esses que vão caracterizar as qualidades dos dados com que se irão trabalhar. A velocidade do vento é mais elevada nos períodos da tarde, e com maior intensidade no verão. O recurso eólico na Mitra é baixo, sendo a velocidade média anual a 50 metros cerca de 4 m/s. Nos locais rentáveis para grandes aproveitamentos de energia eólica, a velocidade média a essa altura tem que ser entre 6 e 8 m/s [7]. No entanto, o recurso disponível pode ser aproveitável para aplicações de micro-geração em sistemas híbridos para fornecimento de energia a habitações isoladas ou sistemas de bombagem de água.

#### AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Centro de Geofísica de Évora pelo fornecimento dos dados da estação meteorológica da Mitra.

#### Bibliografia

- [1] Google Earth. *A informação geográfica mundial na ponta dos seus dedos*. Disponível em: <http://www.google.com/intl/pt-PT/earth/index.html>. [Acesso em 17/11/2012]
- [2] IGeoE-SIG. *Continente*. Disponível em: <http://www.igeoe.pt/igeoesig/igeoesig.asp>. [Acesso em: 5/12/2012]
- [3] [www.wasp.dk](http://www.wasp.dk) [Acesso em: 5/01/2013]
- [4] CASTRO, Rui: *UMA INTRODUÇÃO ÀS ENERGIAS RENOVÁVEIS: Eólica, Fotovoltaico e Mini-hídrica*. Lisboa: IST Press, 2011.
- [5] BUNSE, U., Mellinghoff, H.: *INFLUENCES OF VERTICAL WIND PROFILES ON POWER PERFORMANCE MEASUREMENTS*, DEWI GmbH, Ebertstr.96, D-26382 Wilhelmshaven.
- [6] Gnuplot. *Gnuplot version 4.6 released*. Disponível em: <http://www.gnuplot.info/>. [Acesso em: 20/10/2012]
- [7] Entrepreneur's Toolkit. *Energia Eólica no Brasil*. Disponível em: [http://www.entrepreneurstoolkit.org/index.php?title=Energia e%C3%B3lica no Brasil](http://www.entrepreneurstoolkit.org/index.php?title=Energia_e%C3%B3lica_no_Brasil). [Acesso em: 5/01/2013]

## ***SAFEPORT – Componente climática***

### *SAFEPORT – Climatic component*

A. Albino<sup>1,2 \*</sup>, R. Salgado<sup>1,2</sup>, M. Tlemçani<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Évora

<sup>2</sup> Centro de Geofísica de Évora

\* aalbino@uevora.pt

**Resumo:** O projeto *SAFEPORT* pretende construir um sistema de apoio à otimização da distribuição e configuração dos recursos humanos e sensores disponíveis para a segurança de um porto e avaliar qualquer configuração de distribuição dos recursos através da simulação. Os sensores dependem fortemente das condições ambientais, daí a importância da existência de uma base de dados global climatológica e hidrológica contendo parâmetros relevantes para a segurança dos portos. A produção da base de dados acima referida é da responsabilidade do Centro de Geofísica de Évora.

**Palavras-chave:** *SAFEPORT*, Segurança a Portos, Base de dados, Global;

**Abstract:** The *SAFEPORT* project aims to build a support system for the optimization of the distribution and configuration of sensors and human resources to the security of a harbour and for the evaluation of any configuration of resources distribution with the simulation. The sensors depend on environmental conditions, hence the importance of a global climatological and hydrological database containing relevant parameters for safety of harbours. The production of the above mentioned database is delegated the Geophysical Centre of Évora.

**Key-words:** *SAFEPORT*, Harbour Protection, DataBase, Global;

### **CONTEXTUALIZAÇÃO**

O projeto *SAFEPORT - Harbour Protection Decision Support System* – é financiado pela NATO, através da Marinha Portuguesa, e pretende construir um sistema de apoio à decisão (*Decision Support System* - DSS) que dado qualquer cenário, otimize a distribuição e configuração dos recursos humanos e dos sensores disponíveis para a segurança de um porto[1]. Pretende-se que o projeto inclua também um motor de simulação que irá permitir modelar os aspetos importantes – por exemplo os sensores, as ameaças, o clima, entre outras. Com este simulador poderá avaliar-se os resultados obtidos na otimização [1].

Os sensores utilizados para a proteção dos portos – tais como eletro-óticos, infravermelhos, sonares, radares, etc - dependem fortemente das condições ambientais, daí a importância da existência de uma base de dados ambiental.

O projeto *SAFEPORT* encontra-se em elaboração por um consórcio de Universidades – Lisboa, Porto e Évora – e é liderado pela empresa *EDISOFT*.

À Universidade de Évora cabe a produção da base de dados, climatológica e hidrológica com parâmetros relevantes para a segurança dos portos.

A referida base de dados servirá como plataforma de entrada e validação para modelos de sensores opto-eletrónicos por nós elaborados [2]. Estes modelos apresentam-se sob a forma de objetos e funções de transferência[3] concebidos no ambiente MATLAB[4]/OCTAVE. Os objetos assim criados no quadro atual de mestrado e aperfeiçoados num projeto de doutoramento, servirão como plataforma de apoio e auxílio a conceção e projeto.

### COMPONENTE CLIMÁTICA

No projeto pretende-se possibilitar várias fontes de informação ambiental, como a base de dados referida anteriormente, outras bases de dados climatológicos ou meteorológicos ou dados fornecidos pelo próprio utilizador. Com isto pretende-se uma melhor resolução – espacial ou temporal - dos dados, sendo possível ao utilizador combinar dados das diferentes fontes.

Desta forma, centrámo-nos em criar a base de dados. A base de dados é global com uma resolução espacial de um por um grau (latitude – longitude) e uma resolução temporal de três em três horas e foi construída a partir dos dados do projeto de reanálises *ERA-40* [5] do Centro Europeu de Previsão do Tempo a Médio Prazo (*ECMWF*). Os dados originais retirados do *ECMWF* compreendem o período de Janeiro de 1958 a Dezembro de 2001 (44 anos). As reanálises meteorológicas contemplam observações conjuntamente com os dados do modelo de previsão meteorológica.

A base de dados contém valores médios, extremos, desvio padrão, percentis 5 e 95 para cada variável e inclui um total de vinte e duas variáveis ambientais e hidrográficas – apresentadas na tabela 1.

Esta base de dados foi calculada com o *Software Octave* [6] utilizando ferramentas de estatística e foi arquivada no formato *NETCDF*.

Na figura 1 é possível ver um exemplo dos dados gravados na base de dados.

Acrónimo	Variável	Unidade
tcw	Coluna total de água	$\text{kg m}^{*-2}$
tcwv	Coluna total de vapor de água	$\text{kg m}^{*-2}$
tco3	Coluna total de ozono	$\text{kg m}^{*-2}$
r	Precipitação	m/s
msl	Pressão média ao nível do mar	Pa
tcc	Cobertura total de nuvens	(0-1)
lcc	Cobertura baixa de nuvens	(0-1)
mcc	Cobertura média de nuvens	(0-1)
hcc	Cobertura alta de nuvens	(0-1)
u10	Vento a 10 metros componente U	$\text{m s}^{*-1}$
v10	Vento a 10 metros componente V	$\text{m s}^{*-1}$
ssrd	Radiação solar descendente a superfície	$\text{W m}^{*-2}$
strd	Radiação térmica descendente a superfície	$\text{W m}^{*-2}$
ssrc	Radiação líquida solar na superfície, céu limpo	$\text{W m}^{*-2}$
strc	Radiação líquida térmica na superfície, céu limpo	$\text{W m}^{*-2}$
t2m	Temperatura a 2 metros	°C
d2m	Temperatura de orvalho a 2 metros	°C
skt	Temperatura da superfície (terra)	°C
sst	Temperatura da superfície da água	°C
swh	Altura significativa das ondas combinadas (ondas de vento e <i>swell</i> )	m
mwd	Direção média das ondas	°
mwp	Período médio das ondas	s

Tabela 1 – Variáveis incluídas na base de dados

As variáveis climáticas armazenadas na base de dados, depois de extraídas e interpolados para a localização pretendida serão traduzidas em variáveis ambientais necessárias para quantificar a probabilidade de deteção dos sensores, como por exemplo a radiação por bandas espectrais, etc. Para o efeito estão a ser construídas tabelas e funções calculadas na base de um *best fit* que permitem estimar a irradiância à superfície em diferentes bandas espectrais, assim como o conteúdo energético espectral, em função da radiação global e das condições meteorológicas.

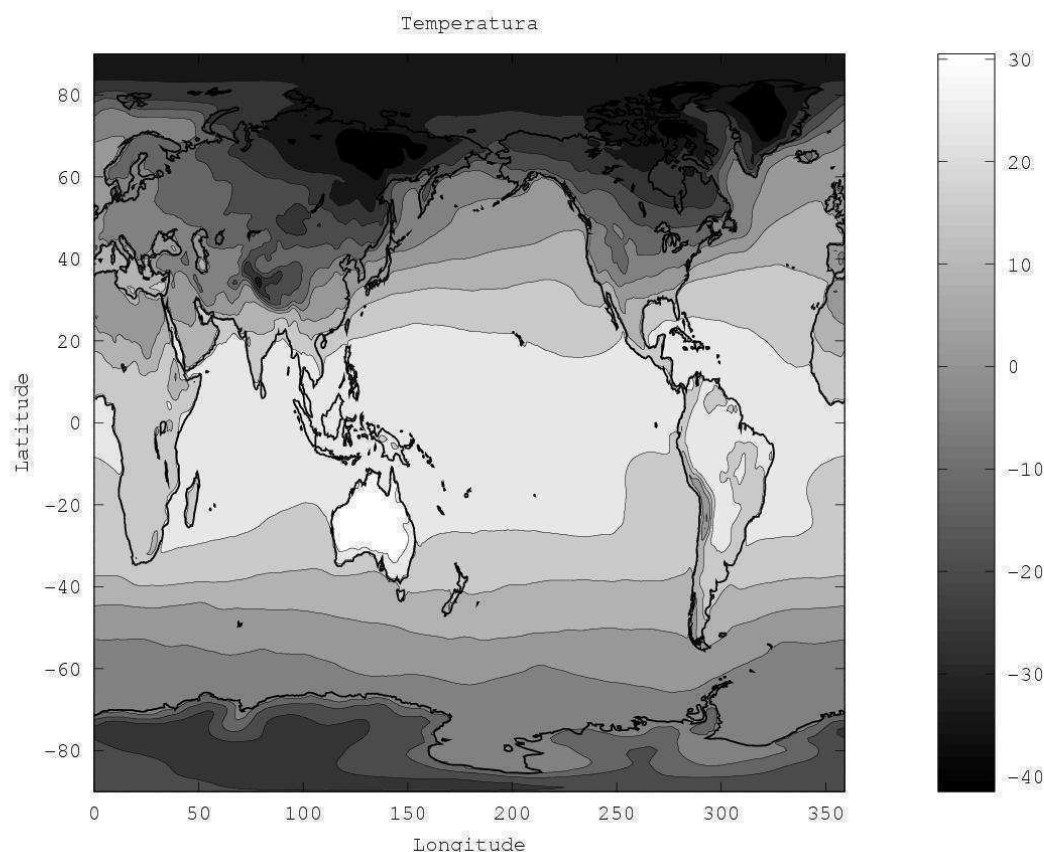


Figura 1Error! Bookmark not defined.: Temperatura Média Global para o dia 1 de Janeiro às 03:00 UTC

#### Bibliografia

- [1] Martins, M.; Casimiro, R.P.; Goncalves, S.; Rodrigues, A.; Captivo, M.E.; Gonçalves, G.; Sousa, J.; Calado, J.; Manso, M.; Lopes, J.; Freitas, J.C.; Abreu, M.A.; Bezzeghoud, M.; Salgado, R. (2010). The SAFE-PORT project: An approach to port surveillance and protection. *Waterside Security Conference (WSS)*, doi: 10.1109/WSSC.2010.5730261
- [2] Muhammad Iqbal; An introduction to Solar Radiation. Academic Press Inc. 1983
- [3] Charles M. Close; Dean H. Frederick; Jonathan C. Newell; Modeling and Analysis of Dynamic Systems. John Wiley & Sons, Inc. 2001
- [4] MATLAB Manual, The MathWorks, Inc.
- [5] Uppala, S. M., Kållberg, P. W., Simmons, A. J., Andrae, U., Bechtold, V. D. C., Fiorino, M., Gibson, J. K., Haseler, J., Hernandez, A., Kelly, G. A., Li, X., Onogi, K., Saarinen, S., Sokka, N., Allan, R. P., Andersson, E., Arpe, K., Balmaseda, M. A., Beljaars, A. C. M., Berg, L. V. D., Bidlot, J., Bormann, N., Caires, S., Chevallier, F., Dethof, A., Dragosavac, M., Fisher, M., Fuentes, M., Hagemann, S., Hólm, E., Hoskins, B. J., Isaksen, I., Janssen, P. A. E. M., Jenne, R., McNally, A. P., Mahfouf, J.-F., Morcrette, J.-J., Rayner, N. A., Saunders, R. W., Simon, P., Sterl, A., Trenberth, K. E., Untch, A., Vasiljevic, D., Viterbo, P. and Woollen, J. (2005). The ERA-40 re-analysis. *Q.J.R. Meteorol. Soc.*, 131, pp. 2961–3012. doi: 10.1256/qj.04.176
- [6] Octave community. (2012) GNU/Octave [url:www.gnu.org/software/octave/](http://www.gnu.org/software/octave/)

## ***Differential Optical Absorption Spectroscopy (DOAS) methods and new stepper motor controller applied to the SPATRAM equipment***

*Métodos de Espectroscopia Diferencial Ótica e o novo controlador dos motores de passo  
aplicado ao equipamento SPATRAM*

R.B. Mendes<sup>1\*</sup>, D. Bortoli<sup>2</sup>

<sup>1</sup> University of Évora, Rua Romão Ramalho 59, 7000 Évora, Portugal

<sup>2</sup> University of Évora, Department of Physics, Évora Geophysics Center (CGE), Rua Romão Ramalho 59, 7000 Évora, Portugal; Institute of Atmospheric Sciences and Climate (ISAC-CNR), Via Gobetti 101, 40129 Bologna, Italy.

\*rbm@ci.uc.pt

**Abstract:** The SPATRAM (Spectrometer for Atmospheric TRacers Monitoring) is a remote sensing ground based instrument performing radiation measurements in the UV-Vis spectral region (250 – 950 nm), in order to monitor some atmospheric minor gases such as nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) and ozone (O<sub>3</sub>). The spectral data analysis is obtained applying the DOAS methodology to the radiation measurements. A brief description of this methodology is presented and some results obtained from the spectral measurements of the SPATRAM equipment, installed at the Observatory of the CGE, in Évora, are depicted and discussed also. In addition, the new Advanced Micro Stepping controller (AMSRel.3) for the stepper motors used in the SPATRAM is presented and described.

**Key-words:** SPATRAM, DOAS, spectroscopy, AMS.

**Resumo:** O SPATRAM (Spectrometer for Atmospheric TRacers Monitoring) é um instrumento de detecção remota de aquisição de medidas de radiação na gama espectral do UV-Vis (250 – 950 nm), para monitorização de alguns componentes atmosféricos minoritários, nomeadamente o dióxido de azoto (NO<sub>2</sub>) e o ozono (O<sub>3</sub>). A análise espectral dos dados é obtida aplicando o método DOAS (Differential Optical Absorption Spectroscopy) às medidas de radiação. É apresentada uma breve descrição desta metodologia e, são apresentados e discutidos, alguns resultados obtidos a partir das medidas espectrais do instrumento SPATRAM, instalado no Observatório do CGE, em Évora. É ainda, apresentado e descrito, o novo Advanced Micro Stepping controller (AMSRel.3) para os motores de passo utilizados no SPATRAM.

**Palavras-chave:** SPATRAM, DOAS, espectroscopia, AMS.

### **INTRODUCTION**

The study of the minor gaseous compounds present in the atmosphere is of great importance in the study of environmental issues related to photochemistry processes and atmospheric dynamics. In these studies (Wang *et al.*, 1993), among other atmospheric compounds, the ozone (O<sub>3</sub>) is of primary importance since it influences the radiative budget (O<sub>3</sub> is recognized as a greenhouse gas) and it reacts with many others species, namely nitrogen, chlorine, bromine, carbon oxides and hydroxyl radicals (Bortoli *et al.*, 2005). The total columns and vertical distributions of some of the above mentioned compounds can be retrieved from measurements of diffuse or direct solar radiation with

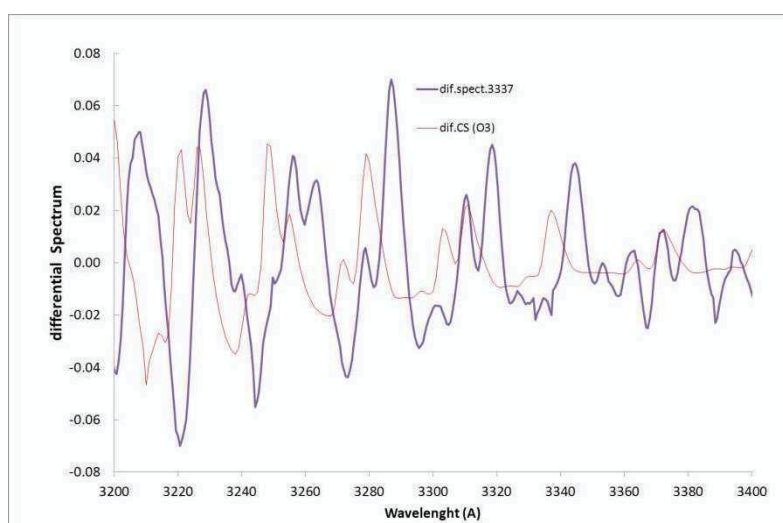


sophisticated inversion methods. One of these techniques, applied to spectral data series with high spectral resolution, is the DOAS (Differential Optical Absorption Spectroscopy). In the following section a brief description of the DOAS algorithms is presented.

The main feature of the radiation measurements carried out with the SPATRAM spectrometer is the high spectral resolution (0.5 nm). This is obtained thanks to a very precise positioning system operating on the rotating grating mounted in the monochromator (Bortoli *et al.*, 2009). In this regard a new stepper motor controller (AMSRel.3) to be installed in SPATRAM in the future is under development. The main features and the improvements of the new stepper motor controller, with respect to the previous version of the similar device used are presented.

### Differential Optical Absorption Spectroscopy

The DOAS methodology allows for the evaluation of the concentration of some pollutant gases in the atmosphere. This technique is based on a modified form of the Bouguer-Lambert-Beer law (BLB) considering the absorption of radiation along the optical path of measurement. The concentrations of the investigated gases are obtained using the absorption structure of the absorbers operating in the selected spectral range. In addition, the removal of the Fraunhofer lines from the solar spectra is done by considering the logarithm of the ratio (log-ratio) between a reference spectrum ( $I_0$ ) and a twilight spectrum ( $I_s$ ), or more generally with a spectrum obtained in conditions different from the reference one. The differential formulation of the LBL allows for the removal of the high-frequency features of the spectrum series with a low-pass filter operator ( $LPF(x)$ ) applied to the log-ratio spectrum as well as to the cross sections of the selected absorbers. The differential spectrum is



**Graphic 1 - Differential log ratio of the reference and the analysed spectrum (blue line) and differential cross section of the O3 (red line).**

compared with the differential absorption cross-sections (DCS) of the gases under investigation presenting marked absorption features in the selected spectral range. (Bortoli *et al.*, 2009)

The preliminary results for the assessment of ozone absorption are presented in graphic 1. The plot shows i) the differential log ratio spectrum of the reference and of the analyzed spectrum (blue line); ii) the differential cross section of ozone in the selected spectral range (320-340nm) (red line). A misalignment in the

obtained spectrums can be noticed. In order to achieve the perfect alignment, the 'shift' and 'stretch' procedures must be used. The shift procedure is simply the modification of the absolute position of the spectrum with a linear function. The stretch process instead consists in the simultaneously variation of the 2 parameters used to build the spectral series as a function of the wavelength. This procedure leads to an accordion effect of the log ratio spectrum over the DCS. (Platt *et al.*, 1994)

### **Advance Micro stepping controllers**

The AMS stepper motor controller is a control system for the management of stepper motors of small size (28 to 60mm), up to 2.8A/phase, that can manage two motors simultaneously, both for positioning and tracking. The previous AMS stepper motor controller was driving one single filter wheel permitting the use of up to six pass-band filters, while the new one (AMSRel.3) is provided with two filter wheels. This feature gives the possibility to install up to six pass-band filters plus six intensity filters that can be used simultaneously by combining the pass-band and the neutral density filters, the sources of stray light are reduced preventing the CCD sensor saturation, and therefore allowing measurements of direct sun radiation. Since the light decomposition in its wavelengths is obtained by the variation in the angle between the incident light (input light) beam and the diffracted one, the high spectral resolution is achieved with the new stepper motor accurate positioning system (1200 grooves/mm) applied to the holographic diffraction grating (Bortoli *at al.* 2010). In order to control the features of the new controller a new software application is being developed using the QT multiplatform framework.

### **CONCLUSION**

The presented enhancements to be done in the SPARTRAM spectrometer are under development with the objective of further improvement of the equipment measurement abilities. The high stepper motor positioning resolution, requires the new controller AMSRel.3 to provide a correspondingly increase in spectral resolution (with narrow bandwidth) in order to be measured by the spectrometer. The increase in resolution and the reliability in the movements are achieved with this new positioning system that adds confidence to the obtained data. This is of great importance to assess the diurnal and seasonal variations for O<sub>3</sub> and NO<sub>2</sub> stratospheric concentrations, and for the monitoring of anthropogenic pollution events. In addition the high resolution vertical profiles of pollutant species like sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>), formaldehyde (HCHO), glyoxal (CHOCHO), bromide oxide (BrO) and benzene toluene xylene (BTX) in the low atmosphere, are obtained with advanced inversion methods.

The spectrometric data analysis with the DOAS technique offers the capability to monitor several important gases present in the atmosphere, even when they are present in low concentration that

they cannot be monitored with sufficient sensibility to permit their study with other techniques. A further advantage of this method is the fact that it works with 'differential' absorption spectra, therefore, it does not require information about the spectrum before its attenuation by the absorbers; this method is also conceptually simple and of limited costs, among other advantages.

#### **Bibliografia**

- BORTOLI, D. (2005). *SPATRAM – Spectrometer for Atmospheric TRacers Measurements*. PHD theses. Dep. Física Univ. Évora, Évora, 25 p., 49 p.
- BORTOLI, D., SILVA, A., M., GIOVANELLI, G. (2010). A new multipurpose UV-Vis spectrometer for air quality monitoring and climatic studies *International Journal of Remote Sensing*, 707 p.
- BORTOLI, D., SILVA, A., M., COSTA, M., J., DOMINGUES, A., F., GIOVANELLI, G. (2009). Measurements of stratospheric ozone and nitrogen dioxide at Évora, Portugal *International Journal of Remote Sensing*, 4212 p.
- PLATT, U., (1994), Differential optical absorption spectroscopy (DOAS). In *Air Monitoring by Spectroscopic Technique*, M.W. Sigrist (Ed.), New York: Wiley, John & Sons, Incorporated, 127, pp. 27.
- WANG, W., C., ZHUANG, Y.-C., BOJKOV R. D. (1993), Climate implication of observed changes in ozone vertical distribution at middle and high latitudes in the northern hemisphere, *Geophys. Res. Lett.* **20**(15), 1567–1570.

## ***Impacto das ondas de calor de 2003 e 2010 na Produtividade Primária na Europa***

*The impact of 2003 and 2010 heatwaves in Net Primary Production in Europe*

A. Bastos<sup>1\*</sup>, C. M. Gouveia<sup>1,2</sup>, R. M.. Trigo<sup>1,2</sup>, S. W. Running<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Dom Luiz, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

<sup>2</sup> Universidade Lusófona, Lisboa Portugal

<sup>3</sup> Numerical Terradynamic Simulation Group, University of Montana, Missoula, MT, USA

\* email@para.correspondência (Calibri, tamanho 9, espaçamento entre linhas simples)

**Resumo:** Na última década, a Europa foi atingida por duas ondas de calor extraordinárias, em 2003 na Europa Ocidental e em 2010 na Rússia, ambas caracterizadas por temperaturas acima dos recordes anteriores. O objectivo deste trabalho é analisar a influência das “mega” ondas de calor na fixação de carbono pela vegetação, recorrendo a dados de Produtividade Primária Líquida (NPP) e de Fotossíntese Líquida (PsN), obtidos a partir do satélite MODIS durante 2000-2011.

Ambas provocaram uma redução acentuada da produtividade, significativamente diferente da provocada pela variabilidade climatológica, tanto à escala sazonal como anual. No entanto, a onda de calor de 2010 afetou uma região consideravelmente mais extensa, tendo um impacto superior no balanço de NPP na Europa. Os resultados indicam que o mecanismo principal na resposta da vegetação em 2003 foi o acoplamento dos défices de humidade no solo e das altas temperaturas, enquanto no caso de 2010, foram as temperaturas muito altas registadas.

**Palavras-chave:** Ondas de calor, Produtividade Primária, Dinâmica da Vegetação, Variabilidade Climática

**Abstract:** In the last decade, Europe was stricken by two outstanding heatwaves, the 2003 event in Western Europe and the recent 2010 episode over Russia, both characterized by record-breaking temperatures. This work aims to assess the influence of both mega-heatwaves on vegetation carbon uptake, using yearly Net Primary Production (NPP) and monthly Net Photosynthesis (PsN) data derived from satellite imagery obtained from MODIS for the period 2000-2011.

Both heatwaves led to strong decreases in productivity, markedly outside the climatological variability ranges, at the seasonal but also at the yearly scale. However, the 2010 event in Russia affected a much larger region and had a stronger impact on European total NPP. In the case of 2003 heatwave, results indicate a strong influence of moisture deficits coupled with high temperatures in the response of vegetation, while for the 2010 event very high temperatures appear to be the main driver of very low NPP.

**Key-words:** Heat-waves, Net Primary Production, Vegetation Dynamics, Climate variability

### **INTRODUCTION**

Climate variability is known to influence primary productivity on land ecosystems (Nemani et al., 2003). In particular, extreme climatic events such as major droughts and heatwaves are known to have severe impact on primary productivity and, therefore, to affect significantly the carbon dioxide uptake by land ecosystems at regional (Ciais et al., 2005) or even global scale (Zhao and Running, 2010). However, the impact of extreme climatic events on ecosystems is still a matter of great

debate, in particular the differentiated response of distinct ecosystems to similar extreme events (Smith, 2011).

In the last decade, Europe was stricken by two outstanding heatwaves, the 2003 event in Western Europe (HW03) and the recent 2010 episode over Eastern Europe (HW10). Both were characterized by record breaking temperatures at the daily, weekly, monthly and seasonal scales, although the amplitude and spatial extent of the 2010 mega-heatwave surpassed the 2003 event (Barriopedro et al., 2011), which led to widespread socio-economic impacts, including significant increments on mortality rates, decreases of crop and hydroelectric production.

This work aims to assess the influence of both mega-heatwaves on yearly Net Primary Production (NPP) and seasonal Net Photosynthesis (PsN), which corresponds to the difference between Gross Primary Production (CO<sub>2</sub> fixed during photosynthesis) and maintenance respiration (CO<sub>2</sub> released from metabolic activity to keep regular cell functioning). The work relies on yearly NPP and monthly NP data derived from satellite imagery obtained from MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) sensor at 1km spatial resolution. Data were selected for the period between 2000 and 2011 over a region extending from 34.6°N to 73.5°N and 12.1°W to 46.8°E, covering Eurasia.

## DISCUSSION

In 2010 very low primary production anomalies are observed over a very large area in Eastern Europe, at the monthly, seasonal and yearly scale. In western Russia, yearly NPP anomalies fell below 50% of average. This decrease in NPP in 2010 was far more intense than the one affecting Western Europe in 2003, which corresponded to 20-30% of the average, and affected a much larger extent. The impacts of these heatwaves are not only evident at the regional level, but also at the wider continental (European) scale. Total NPP anomalies reached -19Tg for the selected regions in France during 2003 and -94Tg for western Russia in 2010, which corresponds almost to the magnitude of total NPP anomaly during 2010 for the whole Europe (about 100Tg).

The monthly evolution of PsN anomalies during the heatwave years was compared to the climatological seasonal cycle (Fig. 1). In both regions, summer months are characterized by PsN values markedly below the 10% percentile, with August being the month with the largest departure from the 10%-90% range, coinciding with the strongest period of the heatwave events.

PsN seasonal anomalies were then compared to temperature (T), precipitation (P) and soil moisture (SW1) anomaly fields. Overall, the widespread negative PsN anomalies in both regions match the patterns of very high temperature values that were preceded by a long period of below-average precipitation, leading to strong soil moisture deficits, stressing the role of soil-atmosphere coupling.

$T_{anom}$  and  $SW1_{anom}$  during the heatwave years were compared to three year composites of the best years (high annual productivity) and worst years (low annual productivity), without considering the heatwave year for each region (Fig.2).

In the case of HW03, it is evident that the heat wave was associated to both temperature and soil moisture anomalies that stand well outside the corresponding composite of worst years.  $T_{anom}$  was more than 3°C above the corresponding values for the worst years composite and  $SW1_{anom}$  in July and August was below the values in worst years by more than 2%. In the case of HW10,  $T_{anom}$  was above the values for the worst years during most of the growing season, while  $SW1_{anom}$  values do not appear to fall far for the variability range of that region. In fact, during May and June the values are even higher than the worst years.

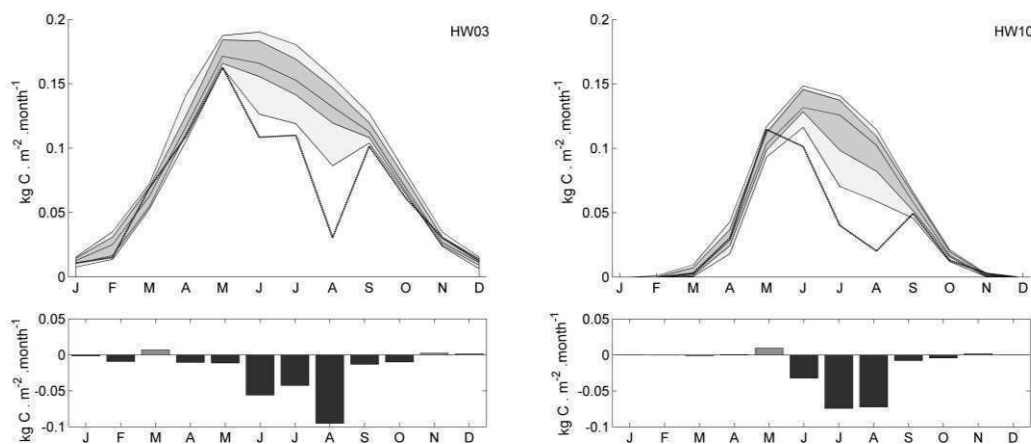


Fig. 1 – Climatology of the seasonal cycle of monthly PsN (shaded areas) for the reference period 2000-2011 averaged over the two selected regions HW03 (left) and HW10 (right). Light grey interval delimits the 10% and 90% percentiles; dark grey delimits the 25% and 75% percentiles; solid black line corresponds to the median. Dashed bold line corresponds to the seasonal cycle for the heatwave years, 2003 for HW03 and 2010 for HW10 and the corresponding monthly anomalies are represented in the bottom panel.

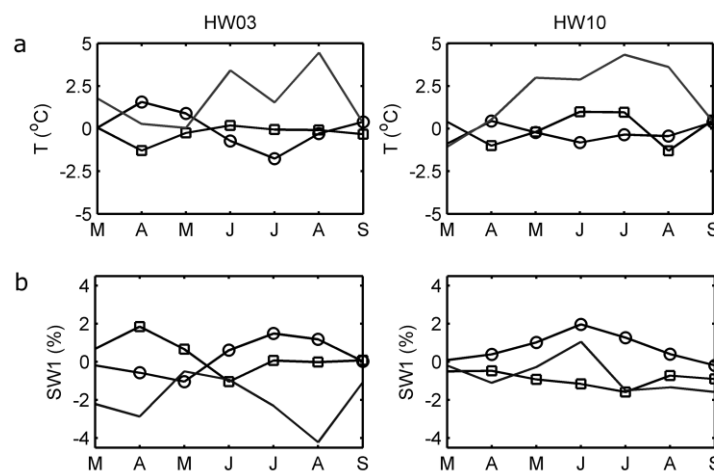


Fig. 2 – Monthly values from March to September of (a)  $T_{anom}$ , (b)  $P_{anom}$ , (c)  $SW1_{anom}$ , averaged over each region for: composites of best years (black line, circles), worse years (black line, squares), and 2003 (HW03, simple line, left panel) or 2010 (HW10, simple line, right panel). For HW03 the high (low) years are 2000/2007/2011 (2001/2004/2005) and for HW10 the high (low) years are 2001/2004/2005 (2002/2009/2011).

## CONCLUSION

The two outstanding heatwaves in 2003 and 2010 in Europe had a strong impact on the carbon balance of ecosystems at the monthly, seasonal and annual scale. Both events led to annual NPP anomalies of about  $-0.2\text{kg.m}^{-2}\cdot\text{year}^{-1}$ , and affected significantly the European carbon balance, although the 2010 event affected a much larger area and had a larger contribution to the European total NPP anomaly.

Overall, the widespread negative PsN anomalies in both regions match the patterns of very high temperature values that were preceded by a long period of below-average precipitation, leading to strong soil moisture deficits, stressing the role of soil-atmosphere coupling. However, in the case of 2003 heatwave, a strong influence on PsN anomalies of the coupling between soil moisture deficits (SW1) and high temperatures is evident, while for the 2010 event very high temperatures appear to be the main driver of very low NPP.

## Agradecimentos

Ana Bastos was funded by Portuguese Foundation for Science and Technology (SFRH/BD/78068/2011), by Calouste Gulbenkian Foundation and by Fulbright Commission Portugal (grant ID 15122932).

## Bibliografia

- BARRIOPEDRO, D., E. M. FISCHER, J. LUTERBACHER, R. M. TRIGO, AND R. GARCIA-HERRERA (2011), The hot summer of 2010: Redrawing the temperature record map of Europe, *Science*, 332 (6026), 220224, doi:10.1126/science.1201224.
- CIAIS, P., ET AL. (2005), Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003, *Nature*, 437 (7058), 529-533.
- NEMANI, R. R., C. D. KEELING, H. HASHIMOTO, W. M. JOLLY, S. C. PIPER, C. J. TUCKER, R. B. MYNENI, AND S. W. RUNNING (2003), Climate-driven increases in global terrestrial net primary production from 1982 to 1999, *Science*, 300 (5625), 156-1563, doi:10.1126/science.1082750.
- SMITH, M. D. (2011), An ecological perspective on extreme climatic events: a synthetic definition and framework to guide future research, *Journal of Ecology*, 99, 656–663.
- ZHAO, M., AND S. W. RUNNING (2010), Drought-induced reduction in global terrestrial net primary production from 2000 through 2009, *Science*, 329 (5994), 940-943, doi:10.1126/science.1192666.

# ***Climatología espacial: reconstrucción histórica de la actividad solar***

*Observaciones solares de D.E. Hadden durante el periodo 1890–1931*

V.M.S. Carrasco<sup>1\*</sup>, J.M. Vaquero<sup>1,2</sup>, M.C. Gallego<sup>1</sup>, R.M. Trigo<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Física, Universidad de Extremadura, Spain

<sup>2</sup> CGUL-IDL, Universidade de Lisboa, Lisbon, Portugal

<sup>3</sup> Departamento de Eng. Civil, Universidade Lusófona, Lisbon, Portugal

\* victorm.sanzc@gmail.com

**Resumen:** Hemos recuperado las observaciones de manchas solares realizadas por David E. Hadden durante 1890-1931 en Alta, Iowa. Hemos digitalizado los datos disponibles publicados por Hadden en diferentes revistas astronómicas. Estos datos han sido analizados y comparados con las series de sunspot number estándar. Además, proporcionamos información de dos grandes grupos, previamente no descritos, que originaron dos importantes episodios extremos de clima espacial en febrero de 1892 y septiembre de 1898.

**Palavras-clave:** Sol, actividad, manchas solares.

**Abstract:** We have recovered the sunspot observations made by David E. Hadden during 1890–1931 from Alta, Iowa. We have digitized the available data published by Hadden in different astronomical journals. These data series have been analyzed and compared with the standard sunspot number series. Moreover, we provide additional information on two great sunspot groups, previously not described, that originated two important extreme episodes of space weather on February 1892 and September 1898.

**Key-words:** Sun: activity; Sun: sunspot; Sun: general.

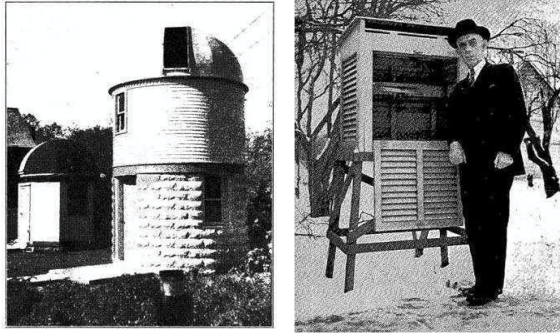
## **1. Introduction**

Collection of old records is an important task in the context of studies on space climate (Vaquero and Vázquez, 2009). Recovery of old telescopic observations of sunspots has enabled to improve the reliability of long-term reconstructions of solar activity based on the sunspot number (Vaquero, 2007). Most of these studies rely on two sunspot numbers series widely available: International Sunspot Number (ISN) and Group Sunspot Number (GSN). Recently, Svalgaard (2012) has proposed that the sunspot number series can be affected by problems of homogeneity. This has underlined the interest of recovering long-term series of observations made by the same observer in order to obtain homogeneous series without problems. It is within this context that the main aim of this paper is to retrieve and analyze the 42 year long sunspot observations made by D.E. Hadden in late 19th century and early 20th century, which have barely been considered until now.

## **2. D.E. Hadden's biographical note**

David E. Hadden was born in Ireland on 22 October 1866. His hobbies were astronomy and meteorology (Fig. 1). So, he built an excellent small observatory at home.

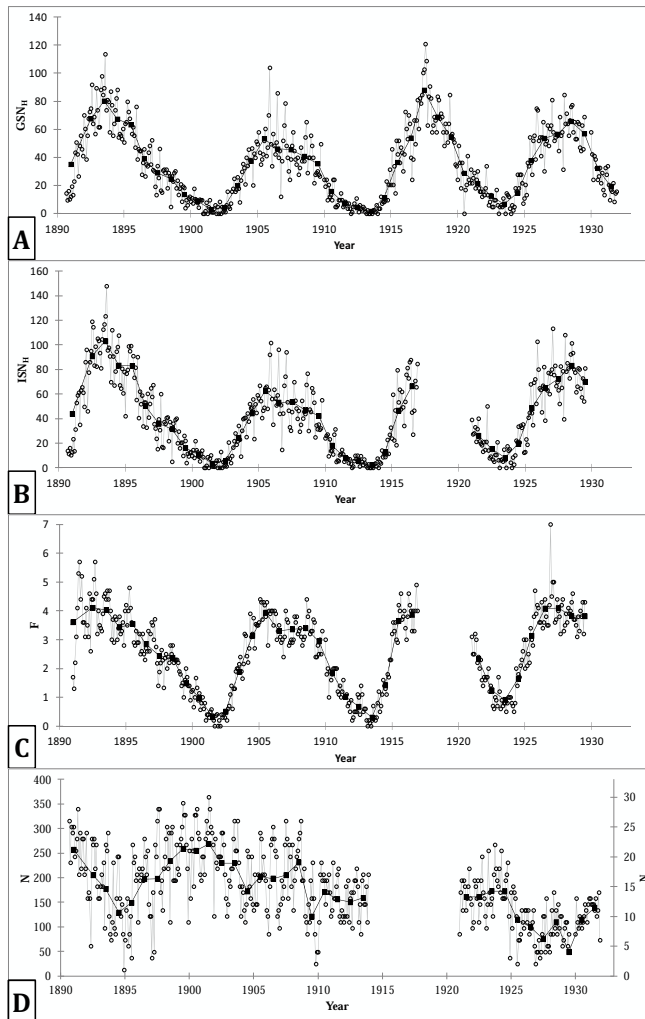




His work was highly regarded, excelling in the field of sunspots.

**Fig. 1.** Mr. Hadden and his thermometer shelter (left) and his astronomical observatory (right).

### 3. Available data

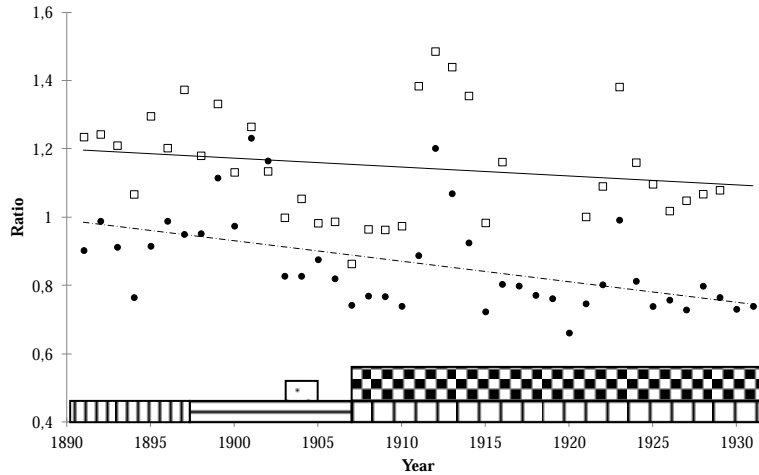


In this work, we have collected all the data published by D. E. Hadden on solar observations. We have derived the monthly and annual indices reconstructed from the papers by Hadden;  $GSN_{HADDEN}$ ,  $ISN_{HADDEN}$  and number of facular regions (Fig. 2). Additionally, the bottom panel shows the monthly number of days with records.

**Fig. 2.** Monthly (circle) and annual (square) data from observations of Hadden: (A)  $GSN_{HADDEN}$ , (B)  $ISN_{HADDEN}$ , (C) number of faculae  $F$ , and (D) number of days with observation  $N$ . The y-axis for annual (monthly) values is located on the left (right) of the panels.

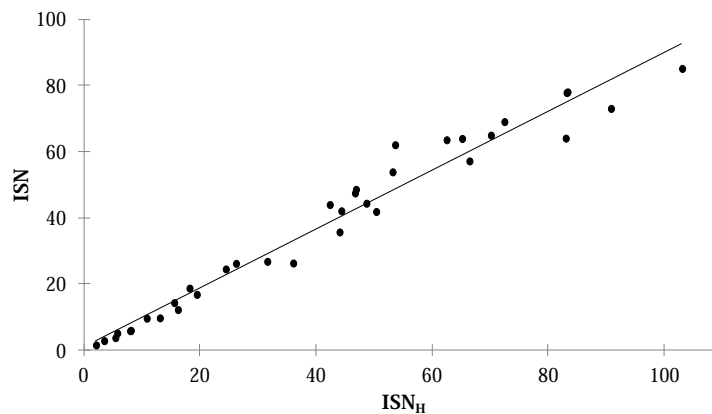
### 4. Analysis

We will compare the values obtained by Hadden with the indices ISN and GSN. For this purpose we have calculated the annual ratios  $ISN_{HADDEN}/ISN$  and  $GSN_{HADDEN}/GSN$  and the evolution of these values is shown in Fig. 3.



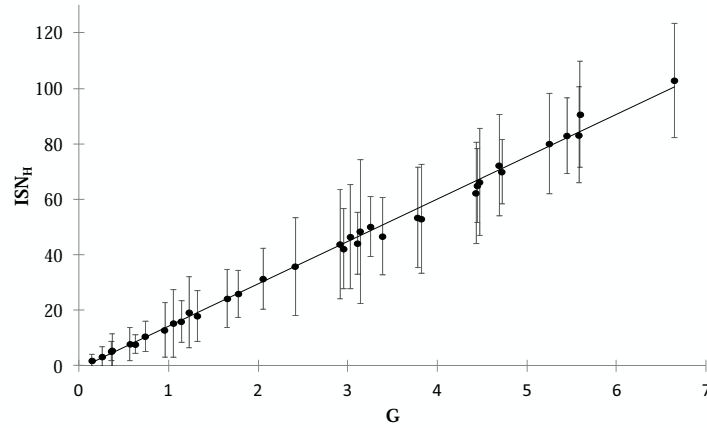
**Fig. 3.** Time evolution of annual ratios  $ISN_{HADDEN}/ISN$  (squares) and  $GSN_{HADDEN}/GSN$  (circles). Different bars indicate the telescope used by Hadden: (vertical lines) 3-inch refractor telescope, (horizontal lines) Brashear 4-inch refractor telescope, (dots) 8½-inch reflector telescope, (vertical and horizontal lines) 5½-inch refractor telescope and (black and white squares) Brashear 9½-inch reflector telescope.

We can also compare the annual values of  $ISN$  and  $ISN_{HADDEN}$  in order to compute the calibration constant for the observer with respect to the references indices (Fig. 4).

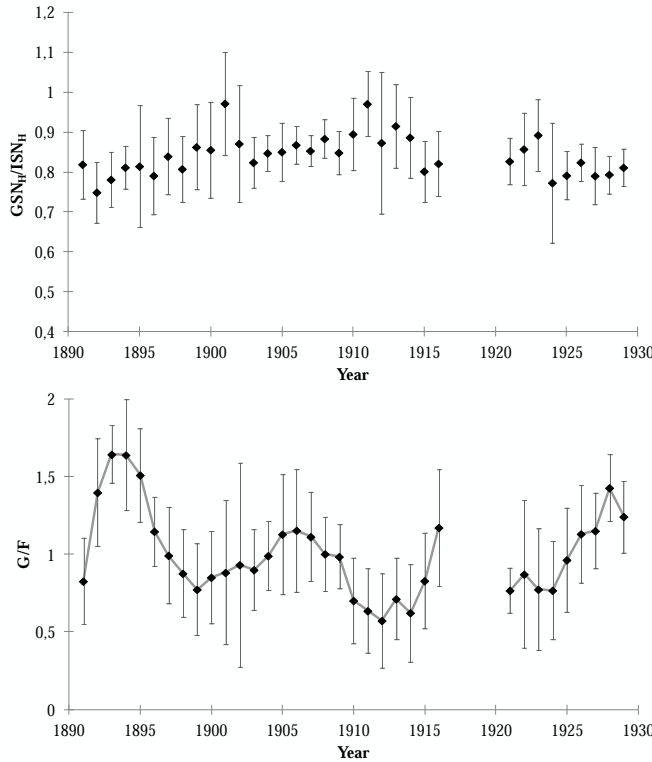


**Fig. 4.** Linear relationship between  $ISN_{HADDEN}$  and  $ISN$   
 $ISN = (0.89 \pm 0.03)ISN_H + (0.8 \pm 1.5)$ ,  $r = 0.982$ ,  $p\text{-value} < 0.001$ .

An interesting index to evaluate the performance of the derived  $ISN_{HADDEN}$  is the  $ISN_{HADDEN}/G$  ratio. Hoyt et al. (1994) showed that this ratio is close to 12 taking into account the average of modern observers and in Fig. 5 we show the relationship of the data obtained for Hadden.



**Fig. 5.** Relationship between annual  $ISN_{HADDEN}$  and the number of groups observed by Hadden  $G$ . Error bars represent one standard deviation  $ISN_H = (15.3 \pm 0.2)G + (-1.0 \pm 0.6)$ ,  $r = 0.997$ ,  $p\text{-value} < 0.001$ .



We will represent the ratio between  $GSN_{HADDEN}$  and  $ISN_{HADDEN}$  calculated with annual data to study the combined variability of these indices. We observe no significant change in this ratio (Fig. 6). Note that the error bars in Fig. 6 represent one standard deviation of this dataset. Moreover, we show the ratio of the number of groups and the number of faculae ( $G/F$ ) for annual data obtained with the data registered by Hadden.

**Fig. 6.** Ratio of annual values  $GSN_{HADDEN}$  e  $ISN_{HADDEN}$  with error bars (one standard deviation) (upper panel). Ratio between the number of annual group  $G$  and the annual number of faculae  $F$  (error bars indicate one standard deviation) (lower panel) obtained by Hadden.

## CONCLUSIONS

We have made a compilation of all data available in the scientific literature of solar observations made by David E. Hadden during the period of 1890–1931, including number of sunspot groups, spots and number of facular regions. The vast majority of these observations were not previously compiled in the database by HS98. We have managed to recover daily data for the period 1890–1902. However, only monthly data are available for the remaining period. We have made a statistical analysis of  $ISN_{HADDEN}$  and  $GSN_{HADDEN}$  indices computed from Hadden data. In general, these values are

comparable to standard values of ISN and GSN. Besides obtaining the calibration constant for Hadden as observer, we have calculated the  $ISN_{HADDEN}/G$  ratio detecting no significant changes.

**Agradecimentos** We wish to acknowledge the assistance provided by Craig Johnson (Executive Director, Iowa Academy of Science), The Iowa State University Library and The University of Iowa Libraries. J.M. Vaquero has benefited from the impetus and participation in the Sunspot Number Workshops (<http://ssnworkshop.wikia.com/wiki/Home>). Support from the Junta de Extremadura (Research Group Grant No. GR10131) and Ministerio de Economía y Competitividad of the Spanish Government (AYA2011-25945) is gratefully acknowledged.

### Bibliografia

- Anonymous, 1943. David E. Hadden broke record for long service. Climatological Data. US Department of Commerce, Weather Bureau, LIV, 120.
- Clette, F., Berghmans, D., Vanlommel, P., van der Linden, R.A.M., Koeckelenbergh, A., Wauters, L., 2007. Adv. Space Res. 40, 919.
- Hadden, David E., 1891. Sidereal Messenger 10, 38.
- Hadden, David E., 1892. Mon. Rev. Iowa Weather Crop Service III, 8.
- Hadden, David E., 1897. Publ. Astron. Soc. Pac. 9, 188.
- Hadden, David E., 1899. Trans. Astron. Phys. Soc. Toronto 1898, 89.
- Hadden, David E., 1904. Popular Astron. 12, 252.
- Hadden, David E., 1905. Popular Astron. 13, 196.
- Hadden, David E., 1906. Popular Astron. 14, 603.
- Hadden, David E., 1910. Popular Astron. 18, 597.
- Hadden, David E., 1914. Popular Astron. 22, 150.
- Hadden, David E., 1934. Popular Astron. 42, 51.
- Harlan, E.R., 1931. A Narrative History of the People of Iowa, vol. IV. The American Historical Society, Chicago.
- Hoyt, D.V., Schatten, K.H., 1998. Solar Phys. 181, 491.
- Hoyt, D.V., Schatten, K.H., Nesme-Ribes, E., 1994. Geophys. Res. Lett. 21, 2067.
- Jones, H.S., 1955. Sunspot and geomagnetic storm data derived from Greenwich observations 1874–1954. Her Majesty's Stationery Office, London.
- Maunder, A.S.D., Maunder, E.W., 1908. The Heavens and Their Story. Dana Estes, Boston.
- Svalgaard, L., 2012. How well do we know the sunspot number? Comparative magnetic minima: characterizing quiet times in the sun and stars. In: Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium, vol.286, pp. 27–33.
- Usoskin, I.G., 2013. Living Rev. Sol. Phys. 10, 1.
- Vaquero, J.M., 2007. Adv. Space Res. 40, 929.
- Vaquero, J.M., Vázquez, M., 2009. The Sun Recorded through History. Springer, Dordrecht.
- Vaquero, J.M., Trigo, R.M., Gallego, M.C., Domínguez-Castro, F., 2012. Observatory 132, 376.

## ***Estimativas de descarga submarina dos sistemas aquíferos Albufeira–Ribeira de Quarteira e Quarteira (Algarve, Portugal)***

*Estimating submarine groundwater discharge from the Albufeira–Ribeira de Quarteira and  
Quarteira aquifer systems (Algarve, Portugal)*

R. Hugman<sup>1,2\*</sup>, L.Costa<sup>2</sup>, J.P. Monteiro<sup>1,2</sup>, T.Stigter<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade do Algarve, Geo-Systems Centre/CVRM, Campus de Gambelas, 8005-139 Faro

<sup>2</sup> Universidade do Algarve, Centro de Ciências e Tecnologias da Água, Campus de Gambelas, 8005-139 Faro

<sup>3</sup> UNESCO-IHE, Dept. of Water Science and Engineering, Delft, Holanda

\* rui.hugman@ist.utl.pt

**Resumo:** Na presente comunicação apresentam-se e discutem-se estimativas de descarga submarina de águas subterrâneas nos sistemas aquíferos Albufeira-Ribeira de Quarteira (ARQ) e Quarteira (QRT) que, para além do mar, partilham igualmente como área de descarga natural o troço terminal da Ribeira de Quarteira que desagua no oceano atlântico. Estas estimativas são obtidas através da aplicação de um modelo de parâmetros distribuídos em elementos finitos, previamente calibrado utilizando metodologias de calibração inversa e de modelação de recarga. Pretende-se contribuir para uma melhor compreensão da distribuição espacial e temporal das descargas de águas submarinas (DAS) e o efeito de vários regimes de exploração sobre elas. Este trabalho foi efectuado simultaneamente com a aplicação de outras metodologias experimentais, por uma equipa multidisciplinar no âmbito do projecto FREEZE (PTDC/MAR/102030/2008), com o âmbito de avaliar o impacto das descargas de água doce subterrânea em meio marinho.

**Palavras-chave:** Descarga de águas submarinas, hidrogeologia, modelação numérica, gestão de recursos hídricos

**Abstract:** The following paper presents a discussion of submarine groundwater discharge (SGD) estimates from the Albufeira-Ribeira de Quarteira (ARQ) and Quarteira (QRT) coastal aquifers in southern Portugal. Apart from SGD, these aquifer systems share a secondary outflow boundary along the terminal reach of the Quarteira stream which flows into the Atlantic Ocean. SGD estimates are obtained using a finite element distributed parameter groundwater flow model, previously calibrated using inverse calibration methods. Results contribute to a better understanding of the spatial and temporal distribution of the discharge components under natural conditions, as well as under the effect of various water use scenarios. This work is part of an ongoing research project FREEZE (PTDC/MAR/102030/2008) in which various methodologies are being applied by a multidisciplinary team in order to evaluate the impact of fresh submarine groundwater discharge on the marine environment.

**Key-words:** Submarine groundwater discharge, hydrogeology, numerical models, water resource management

### **INTRODUCTION**

There are seventeen known aquifer systems relevant at a regional scale, in the semi-arid Algarve region in Portugal, ten of which are on the coast. These coastal aquifers are mostly in contact with the sea, discharge being at sea level and/or as submarine discharge. The increase of tourism along

the coast during the 1970s led to a rise in water demand, in particular for public supply and green area irrigation. At the time, demand was met mainly with groundwater (Monteiro and Manuel 2004). This increase in abstraction led to cases of decrease in water quality due to salinization, amongst other issues. At the beginning of the 21st century groundwater was replaced by surface water for public supply, and currently all publicly owned boreholes are either inoperative or held in reserve in case of emergency. However, the drought that occurred during 2004 and 2005 highlighted the limitations of this single source strategy as well as the crucial role of groundwater as part of the more complex concept of integrated water resource management (Stigter et al. 2009).

Reintroducing groundwater abstraction under an integrated management scheme in a responsible manner requires that the available resources be properly quantified and understood in order to avoid the past mistakes of overexploitation. The following paper aims to contribute to a better understanding of groundwater discharge from the Albufeira-Ribeira de Quarteira (ARQ) and Quarteira (QRT) coastal aquifer systems, by applying numerical models to analyze the effects various scenarios of groundwater use and conceptual models of the ground/surface water interfaces. This represents the initial phase of an ongoing research project FREEZE (PTDC/MAR/102030/2008) in which various methodologies are being applied by a multidisciplinary team involved to identify and characterize groundwater flow from the coastal strip towards the continental platform taking into account structural geology, marine geology and the effects of the hydrological/ hydrogeologic conditions on the associated ecosystems.

## METHODS

Several efforts to simulate the ARQ and QRT aquifer systems using numerical models have been undertaken for various purposes (Monteiro et al. 2002; Monteiro et al. 2003; Costa 2006; Monteiro et al. 2007; Costa et al. 2013). All previous variants of the numerical model have considered aquifer limits as defined by Almeida et al. (2000) as well as boundary conditions (BC) imposed as constant hydraulic head equal to mean sea level along the coastline. Constant head BC equal to terrain elevation are also imposed on nodes coinciding with the Quarteira stream. Various conceptualizations for stream BC have been proposed, all of which suffer from limitations in representing the known behavior of the system. Therefore, in order to obtain a range of possible values, two variants of the model are developed representing the two extremes of BC conceptualization: (i) constant head equal to elevation along the lower effluent reach, with constraints to guarantee no inflow; and (ii) constant head equal to elevation along the entire stream. Several water use scenarios are developed: the natural state of the system with no abstraction (scenario a), pumping for public water supply (scenario b), abstraction for public and private supply (scenario c) and only abstraction for private supply (scenario d).

The average recharge rate determined by Oliveira (2004), 40.14% was applied to the spatial distribution of rainfall proposed by Nicolau (2002), resulting in  $33.1 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$  of average annual recharge. In order to analyze the effect of the seasonality of recharge on ARQ and QRT discharge rates, transient cyclical scenarios were simulated. Seasonal recharge was calculated based on average monthly distributions of rainfall proposed by Nicolau (2002).

Transmissivity ( $T$ ) was estimated by inverse modeling under steady-state conditions taking into account pumping for public water supply. Calibration was performed using the Gauss–Marquardt–Levenberg method, implemented in the nonlinear parameter estimation software PEST (Doherty 2002). The defined conceptual flow model was translated into a 2-D finite element mesh with 5453 elements and 2914 nodes. The physical principles at the basis of the simulation of the hydraulic behavior of the aquifer system are expressed by the following:

$$S \frac{\partial h}{\partial t} + \text{div}(-[T] \cdot \overrightarrow{\text{grad}} \cdot h) = Q \quad (1)$$

where  $T$  is transmissivity [ $\text{L}^2\text{T}^{-1}$ ];  $h$  is the hydraulic head [L];  $Q$  is the volumetric flux per unit volume [ $\text{L}^3\text{T}^{-1}\text{L}^{-3}$ ], representing sources and/or sinks; and  $S$  is the storage coefficient [-].

## RESULTS

Fig. 1 presents the various water budget components for steady-state scenarios. Due to the BC type no recharge occurs from the stream in scenario (i) in comparison to scenario (ii), which leads to an overall larger amount of recharge in the latter scenario. This is reflected in the effects of the water use scenarios on SGD rates, which are less affected by increases in abstraction for the (ii) BC scenarios. The only scenario to result in an influent stream budget is scenario (iic), due to the drawdown caused by the pumping close to the stream which leads to both a decrease in discharge and increase in induced recharge from the stream.

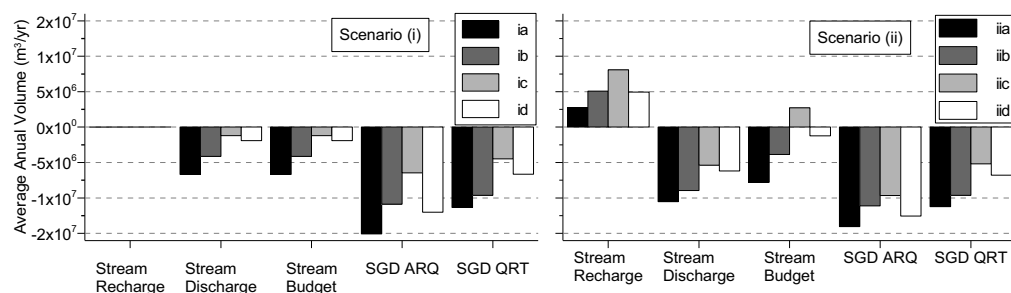


Fig. 1 Comparison of water budget components for boundary condition and water use scenarios

Water use scenarios show that abstraction from private boreholes has a greater impact on stream discharge and QRT SGD than abstraction for public supply, whilst the opposite occurs for ARQ SGD. The spatial distribution of discharge along the coast line reveals that although discharge along the QRT is relatively uniform, ARQ shows a more heterogeneous distribution (Fig. 2). Higher discharge rates along the ARQ coast coincide with inlets at the coastline.

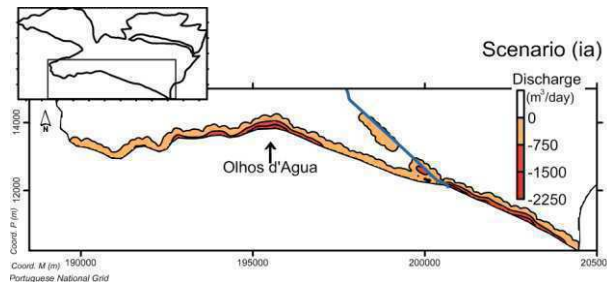


Fig. 2 Spatial distribution of discharge rates along the coast line for scenario (ia)

Transient simulations demonstrate that the seasonal variation has as significant effect on discharge rates. Seasonal stream discharge varies significantly for both scenario (a) and (c). The temporal distribution of discharge is similar for these two scenarios, despite different total values. Groundwater abstraction leads to both a decrease in overall discharge rates as well as increased amplitude of seasonal variation of discharge due to the periods of greater abstraction coinciding with low recharge. Unlike the steady state scenario, transient scenario (ic) shows occurrences of gradient inversion along the ARQ (for all values of  $S$ ) and the QRT (for  $S = 0.01$ ) despite the total discharge rate remaining positive (i.e. out flowing). These gradient inversions result in SWI along certain portions of the coastline.

## CONCLUSION

Initial estimates of SGD for the ARQ and QRT systems were obtained by applying a numerical groundwater flow model. Uncertainty regarding the surface-groundwater interactions along the Quarteira stream was included in the results by simulating two conceptualizations of the BC. Steady state simulations indicate a range of average annual SGD between  $6.5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$  and  $15 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$  from the ARQ, and  $4.5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$  and  $11.3 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$  from the QRT. Furthermore, there is significant spatial variation, in particular for the ARQ, with almost 30% of the discharge from this system occurring at the Olhos d'Água area. Despite steady state simulations demonstrating no seawater intrusion, transient simulations show that seasonal variability inherent to these systems may lead to inversions of hydraulic head gradient during the dry season. These results reflect the significant uncertainty which still exists in regards to the hydrogeological knowledge of these systems. In order to further constrain estimated SGD more detailed data on stream flow and abstraction rates is required.

**Acknowledgments** The authors wish to thank the Portuguese funding institution FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia for funding the research project FREEZE (PTDC/MAR/102030/2008). The first author wishes to thank the FCT for the PhD grant SFRH/BD/80149/2011).

## References

- ALMEIDA C, MENDONÇA JLL, JESUS MR, GOMES AJ (2000) Sistemas Aquíferos de Portugal Continental. *Sistemas Aquíferos de Portugal Continental* 490–513.
- COSTA JPP (2006) Calibração Inversa de um Modelo de Escoamento Subterrâneo com Aplicação aos Sistemas Aquíferos de Albufeira-Ribeira de Quarteira e Quarteira. Instituto Superior Técnico. pp146.



- COSTA L, Hugman R, Monteiro JP (2013) Modelação da Descarga de Águas Subterrâneas dos Aquíferos de Abufeira-Ribeira De Quarteira e de Quarteira (Algarve, Portugal). 9<sup>o</sup> Seminário sobre Águas Subterrâneas da APRH. Lisbon, pp 82–85
- DOHERTY J (2002) Model-Independent Parameter Estimation, 4th ed. Watermark Numerical Computing 279.
- MONTEIRO JP, MANUEL CS (2004) Dams, Groundwater Modelling and Water Management at the Regional Scale in a Coastal Mediterranean Area (The Southern Portugal Region–Algarve). *Larhyss Journal* 3:157–169.
- MONTEIRO JP, NUNES L, VIEIRA J, et al. (2003) Síntese Bidimensional dos Modelos Conceptuais de Funcionamento Hidráulico de Seis Sistemas Aquíferos do Algarve, Baseada em Modelos Numéricos de Escoamento Regional (Bidimensional Synthesis of Conceptual Models of Six Aquifers of the Algarve, Based on Reg. In: L R, Peixinho de Cristo F (eds) *As Águas Subterrâneas no Sul da Península Ibérica*. International Association of Hydrologists. APRH publ, Lisbon, Portugal, pp 159–169
- MONTEIRO JP, OLIVEIRA MM, COSTA JP (2007) Impact of the Replacement of Groundwater by Dam Waters in the Albufeira-Ribeira de Quarteira and Quarteira Coastal Aquifers. XXXV AIH Congress. Groundwater and Ecosystems. Lisbon, Portugal, pp 489–490
- MONTEIRO JP, SANTOS J, MARTINS R (2002) Evaluation of the Impacts Associated to Changes in Exploration Regimes of Aquifers in the Central Algarve Using Numerical Models. III Iberian Congress on Water Management and Planning. Sevilha, pp 717–724
- NICOLAU R (2002) Modelação e mapeamento da distribuição espacial da precipitação – Uma aplicação a Portugal Continental (Modeling and mapping of the spatial distribution of rainfall). Universidade Nova de Lisboa
- OLIVEIRA MM (2004) Recarga de Águas Subterrâneas - Metodos de Avaliação. Tese de Doutoramento. Universidade de Lisboa
- STIGTER TY, MONTEIRO JP, NUNES LM, et al. (2009) Screening of sustainable groundwater sources for integration into a regional drought-prone water supply system. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions* 6:85–120. doi: 10.5194/hessd-6-85-2009

## ***Modelação do contributo de água subterrânea para a Lagoa de Santo André***

*Modelling of the groundwater contribution to the Santo André Lagoon (Sines, Portugal)*

L. Costa<sup>1\*</sup>, N. Salvador<sup>1,2</sup>, R. Hugman<sup>1,2</sup>, J.P. Monteiro<sup>1,2</sup>, T. Stigter<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade do Algarve, Centro de Ciências e Tecnologias da Água, Campus de Gambelas, 8005-139 Faro

<sup>2</sup> Universidade do Algarve, Geo-Systems Centre/CVRM, Campus de Gambelas, 8005-139 Faro

<sup>3</sup> UNESCO-IHE, Dept. of Water Science and Engineering, Westvest 7, 2611 AX Delft, the Netherlands

\* [luisrdcosta@gmail.com](mailto:luisrdcosta@gmail.com)

**Resumo:** Na presente comunicação apresenta-se uma metodologia para estimar caudais de base de ribeiras em Ecossistemas Dependentes de Águas Subterrâneas (EDAS) através da construção de um modelo numérico de fluxo subterrâneo suportado e calibrado com dados obtidos de monitorização, na região da Lagoa de Santo André (SAL). Foram planeadas campanhas de monitorização, com instalação de *data-loggers* que permitiram calcular o caudal de base através do método da curva de vazão e separação de hidrogramas. Posteriormente foi desenvolvido um modelo de parâmetros distribuídos em elementos finitos, calibrado com os dados provenientes de monitorização e cuja finalidade permitirá simular estes fenómenos em diferentes cenários. Para os dois principais afluentes da SAL estimou-se o contributo de água subterrânea em 11% e 25% do caudal total. Este trabalho foi efectuado no âmbito do projecto GROUNDSCENE (PTDC/AAC-AMB/104639/2008) no qual se pretende contribuir para a identificação de EDAS, na área do aquífero de Sines.

**Palavras-chave:** Ecossistemas Dependentes de Águas Subterrâneas, Modelação Numérica, Gestão de Recursos Hídricos, Monitorização.

**Abstract:** In this paper the authors present a methodology to estimate stream baseflow in Groundwater Dependent Ecosystems (GDE) by developing a groundwater flow numerical model supported and calibrated with data from monitoring in the region of the Santo André Lagoon (SAL), Southwest Portugal. Monitoring campaigns were planned, along with the installation of data-loggers, which allowed calculating the baseflow through the rating curve and hydrograph separation methods. After, a finite element distributed parameter groundwater flow model calibrated with data from monitoring was developed. This tool allowed the simulations of these phenomena in different scenarios. For the two main SAL's streams, contribute from groundwater was estimated in 11% and 25% of the total flow. This work was developed under the ongoing research project GROUNDSCENE (PTDC/AAC-AMB/104639/2008), in which it's intended to contribute to the identification of GDEs, in the Sines aquifer region.

**Key-words:** Groundwater Dependent Ecosystems, Numerical Models, Water Resource Management, Monitoring

### **INTRODUCTION**

The Santo André Lagoon (SAL) is a coastal lagoon (up to 2.5 km<sup>2</sup> surface area in winter time), located in the southwest of Portugal, near Sines, subject to several conservation and wildlife protection statuses. The hydrogeology of this region is well documented in the works of Horta da Silva and Almeida (1982), Lavaredas and Silva (1999), Lobo Ferreira *et al.* (1999), Almeida *et al.* (2000), ERHSA (2001). The SAL is defined as a mesotidal semi-enclosed coastal lagoon under the Water Frame

Directive (WFD). Isolated from the ocean during most of the year by a sand barrier, the lagoon is artificially opened to the sea on a regular basis in late winter, in order to promote water renewal and nutrients and organic matter transport, reducing the risk of eutrophication, while allowing the entry of marine fauna. This shallow lagoon (less than 2 m of water column) has two major tributaries, the *Ponte* and *Cascalheira* streams, which are fed by groundwater along their terminal reaches. The bottom of the lagoon is mainly composed of detritic sediments and organic matter in organized layers that reach a maximum thickness of 40m (Freitas *et al.*, 2002, cited in Monteiro *et al.*, 2008, p.3) limiting the hydraulic connection between the lagoon and the shallow detritic aquifer, due to the fine fraction of the sediments in the lagoons. Therefore, when the lagoon is closed and no surface runoff is generated, its water balance is controlled by the hydraulic connection of the stream network with the top detritic aquifer, allowing the classification of this lagoon as groundwater dependent ecosystem, as defined by Hatton and Evans (1998) and Eamus (2009). The alternation between the seasonal inflows of fresh and marine water determines the salinity of this water mass, thus determining the local ecological characteristics. Therefore, groundwater exploitation may threaten this complex and fragile ecosystem. The WFD has set the objective of achieving good water status until 2015 for all aquatic and terrestrial ecosystems depending directly on water. The submitted river basin management plan has classified the SAL's status as unknown, due to lack of monitoring data. Similarly, the volumes of water transfers from the aquifer to the stream network associated with this lagoon have not been quantified. Although a numerical flow model of the Sines aquifer system has been developed, the estimates of water transfers between the aquifer system and the stream network have not been validated and calibrated due to the insufficient monitoring to allow real data to be compared with the model simulations. In this sense, in order to better understand and quantify the flow interactions between groundwater and surface water feeding the lagoon, a monitoring plan was developed to collect data on stream and piezometric levels and a new groundwater flow numerical model is being developed.

## METHODS AND RESULTS

Although there are some studies involving the modelling of the Sines Multi-layer aquifer groundwater flow (Chambel and Monteiro, 2007; Fernandes *et al.*, 2006; Monteiro *et al.*, 2008; Monteiro *et al.* 2010) none of these focused on the interactions between the top detritic aquifer and the surface stream network, so, a new model was developed to study these groundwater-surface water interactions. In this sense, a monitoring plan was developed to collect data on stream and piezometric levels. Four automatic water level data-loggers (CTD) were installed, in November 2011, close to the mouths of the two main streams and two smaller streams (which were found to maintain flow all year). To convert water levels into discharge, it was necessary to establish a rating curve (e.g. discharge versus water level). Unfortunately, 2012 was an atypically dry year in this region

and it was not possible to create the discharge curve for the two smaller streams. Although more monitoring and precipitation data is needed for more accurate results, for a 30 yr average precipitation (548 mm), it was found that about 25% of *Cascalheira's* stream flow and about 11% of *Ponte's* stream flow are baseflow contributions. These estimates were then compared with the numerical flow model to validate them. Simultaneously, four CTD were also installed in wells in the upper aquifer, continuously recording aquifer levels which were then used for model calibration.

The numerical flow model limits were defined as the sea (west) and as the Sub-River Basins of interest (north and south) coinciding with the Plio-Quaternary layer from that area. The model mesh was generated with FEFLOW, using Shewchuk (1996) tool for Mesh Generation and Delaunay Triangulation, with particular refinement around the coastline and streams, resulting in a 2-D mesh with a total area of 192.880 km<sup>2</sup>, 13160 elements and 6785 nodes.

Boundary Conditions (BC) were defined as imposed constant hydraulic head equal to the mean sea level along the coastline. Constant head BC equal to the expected piezometric level were also imposed on nodes on the south border, assuming the hydraulic connectivity with the lower layer of the aquifer, once the actual mesh doesn't cover the whole extend of the aquifer. On the nodes coinciding with the streams, BC were defined as fluid-transfer with a transfer rate in/out varying from 0.0025 and 0.025 m/day in different streams, in order to match the calculated rating curve estimated baseflow. Abstraction records provided by the River Basin Administration were considered, accounting 180 wells extracting a total of 7.96 hm<sup>3</sup>/year. A sensitivity analysis was performed in order to determine an adequate regional transmissivity (T) value. Considering the balance of the streams leading to the SAL as mainly effluent, T values are estimated between 300 and 600 m<sup>2</sup>/day. The physical principles of the simulated hydraulic behavior of the aquifer system are expressed as follows:

$$S \frac{\partial h}{\partial t} + \text{div}(-[T] \cdot \overrightarrow{\text{grad}} \cdot h) = Q \quad (1)$$

where  $T$  is transmissivity [L<sup>2</sup>T<sup>-1</sup>];  $h$  is the hydraulic head [L];  $Q$  is the volumetric flux per unit volume [L<sup>3</sup>T<sup>-1</sup>L<sup>-3</sup>], representing sources and/or sinks; and  $S$  is the storage coefficient [-]. The model was run on steady-state.

## CONCLUSION

Although, baseflow estimates simulated by the numerical model were found to be in the same order of magnitude as the monitoring data based estimates, the model has some difficulties in reproducing them exactly. Probably, that these differences are related to the fact that there are interferences from some small dams held by farmers which have been built along the streams. Despite the limitations of the model, this approach, which combines monitoring data to modelling gives us an initial estimate of groundwater contributions to the SAL, as well as a tool to determine the impact of

potential changes to the flow regime, that may be of great value to support decision making regarding groundwater exploitation for human consumption while protecting wildlife.

**Acknowledgments** The authors wish to thank the Portuguese funding institution FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia for funding the research project GROUNDSCENE (PTDC/AAC-AMB/104639/2008). The third author wishes to thank the FCT for the PhD grant SFRH/BD/80149/2011).

## References

- ALMEIDA, C., MENDONÇA, J.J.L., JESUS, M.R. & GOMES, A.J. (2000) Sistemas Aquíferos de Portugal Continental. Centro de Geologia e Instituto da Água.
- CHAMBEL, A. & MONTEIRO, J.P. (2007) Sistema Aquífero de Sines – Estudo Hidrogeológico do Sistema Aquífero e Definição dos Perímetros de Protecção das Captações de Água Subterrânea das Águas de Santo André SA, com recurso a Modelação Matemática. Universidade de Évora/Universidade do Algarve. Relatório Técnico.
- EAMUS, D. (2009) Identifying groundwater dependent ecosystems. A guide for land and water managers. Australian Government. Land & Water Australia.
- ERHSA (2001) Relatório do Projecto “Estudos dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Alentejo (ERHSA)”. Comissão de Coordenação da Região Alentejo.
- FERNANDES, P. G., CARREIRA, P. & SILVA, M. O. (2006) Identification of Anthropogenic Features Through Application of Principal Component Analysis to Hydrochemical Data from the Sines Coastal Aquifer, SW Portugal. *Mathematical Geology*. Volume 38, Number 6, 765-780.
- FREITAS, M. C., ANDRADE, C., CRUCES, A., AMORIM, A., CEARETA, A. & RAMALHO, M. J. (2002) Coastal Environmental Changes at Different Time-scales: the Case of the Melides Barrier-Lagoon System (SW Portugal). In: *Littoral 2002, The Changing Coast*. EUROCOAST / EUCC, Porto, 397-402.
- HATTON, T. & EVANS, R. (1998) Dependence of Ecosystems on Groundwater and its Significance to Australia. Land and Water Resources Research and Development Corporation. Occasional Paper No 12/98. Canberra.
- HORTA da SILVA, J. A. & ALMEIDA F. (1982) Condições Hidrogeológicas na Área de Sines. Gabinete da Área de Sines, Laboratório de Geotecnia e Materiais de Construção. Technical Report nº 22/82, Vol. I and II.
- LAVAREDES, J. & SILVA, M. (1999) Sines's aquifer system - Some Contributions for it's Knowledge. International Association of Hydrogeologists. In: *Proceedings of XXIX IAH Congress*. Bratislava, CD-ROM, 861-865.
- LOBO FERREIRA, J.P.C., MOINANTE, M.J., OLIVEIRA, M.M., NOVO, M.E., LEITÃO, T.E., MOREIRA, P. E & HENRIQUES, M. J. (1999) Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Sado. 1ª Fase. Caracterização dos Recursos Hídricos Subterrâneos da Área Abrangida pelo Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Sado. Anexo Temático 4 - Recursos Hídricos Subterrâneos. Parte B – Caracterização das Áreas com Potencial Interesse Hidrogeológico. Revisão 1 de 30710/2003. Estudo realizado para a Hidroprojecto, Engenharia e Gestão, S.A.
- MONTEIRO, J.P., CHAMBEL, A. & MARTINS, J. (2008) Conceptual and Numerical Flow Model of the Sines Aquifer System (Alentejo, South Portugal). *International Groundwater Symposium*. International Association of Hydraulic Engineering and Research (IAHR). Istanbul-Turkey. p.38 (abstract) and doc. elect. CD-Rom 9pp. Disponível em <http://sites.google.com/site/jppmonteiro/home2>.
- MONTEIRO, J.P., CHAMBEL, A., NUNES, L.M., DUQUE, J., MARTINS, R., SILVA, D. & COELHO, R. (2010) Avaliação Técnica dos Níveis de Contaminação Existentes e Acções Correctivas a Implementar (Contaminação de Águas Subterrâneas por Hidrocarbonetos no Sistema Aquífero de Sines). Volume 1. Enquadramento Geral – Modelo Hidrogeológico Local e Regional, Suporte Documental. Relatório Técnico. International Centre for Coastal Ecohydrology/Universidade do Algarve/Universidade de Évora.
- SHEWCHUK, J. R.(1996) Triangle: Engineering a 2D Quality Mesh Generator and Delaunay Triangulator, in *Applied Computational Geometry: Towards Geometric Engineering*" (Ming C. Lin and Dinesh Manocha, editors), volume 1148 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 203-222, Springer-Verlag, Berlin, May 1996.

## ***Piezometria e Qualidade da Água Subterrânea do Jardim Botânico da Universidade de Lisboa.***

Botanical Garden (Lisbon University) study of the piezometric and groundwater quality.

J. Ferreira<sup>1\*</sup>, J. Dias<sup>1</sup>, A. Antunes<sup>1</sup>, J. Hermínio<sup>1</sup>, M. Silva<sup>1</sup>, M.C.R. Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Lisboa, Departamento de Geologia, Lisboa, Campo Grande, Edifício C6

<sup>2</sup> CeGUL, Universidade de Lisboa, Departamento de Geologia, Lisboa, Campo Grande, Edifício C6

\* [ferreira.jmv@gmail.com](mailto:ferreira.jmv@gmail.com)

**Resumo:** Entre Março e Maio de 2013 procedeu-se à monitorização da qualidade da água subterrânea para rega e da piezometria do Jardim Botânico da Universidade de Lisboa. Em piezómetros previamente instalados, foram medidos alguns parâmetros *in situ* e recolhidas amostras de água subterrânea para análise laboratorial. Em dois piezómetros seleccionados foram instalados transdutores de pressão.

Dos resultados obtidos, consultando a legislação portuguesa adequada, concluiu-se que a água subterrânea é maioritariamente de boa qualidade para rega e de qualidade mediana a má para consumo humano. Os valores registados com os transdutores de pressão permitiram comprovar a dependência entre a precipitação atmosférica e a variação do nível da água subterrânea.

**Palavras-chave:** Piezometria, Transdutor de pressão, Qualidade da água, Jardim Botânico da UL

**Abstract:** Between March and May of 2013 we carried out a monitoring of the quality of groundwater for irrigation and piezometric in the Botanical Garden of the University of Lisbon. In piezometers installed in advance, some parameters were measured *in situ* and collected groundwater samples for laboratory analysis. In two selected piezometers were installed two pressure transducers.

The results obtained, by consulting appropriate portuguese legislation, allowed to conclude that the groundwater is mostly of good quality for irrigation and poor to medium quality for human consumption. The results obtained with the pressure transducers allowed us to prove the dependence between rainfall and the variation of the groundwater level.

**Key-words:** Piezometric study, Pressure transducer, Water quality, Botanical Garden of the Lisbon University

### **INTRODUÇÃO**

O Jardim Botânico da Universidade de Lisboa, inaugurado em 1878, situa-se em Lisboa, na zona do Príncipe Real. É um jardim científico que foi projectado em meados do século XIX para complemento moderno e útil do ensino e investigação da botânica na Escola Politécnica.

No Jardim Botânico, com mais de 100000 exemplares, estão referenciadas 1493 espécies botânicas distintas. Para a sobrevivência destes numerosos e importantes exemplares, cuja preservação é fulcral, são necessárias grandes quantidades de água de rega de qualidade adequada. Para permitir uma manutenção integrada do Jardim Botânico e reduzir os encargos com a aquisição de água para a sua rega, a existência de água subterrânea em qualidade e quantidade seria uma mais-valia para este

jardim, daí ter surgido a oportunidade para a realização do presente trabalho, com o qual se pretende atingir dois objectivos principais:

- i) Monitorizar a qualidade da água subterrânea para fins de rega e de consumo humano, usando como referência a legislação portuguesa existente (Decreto-Lei 236/98, para rega e consumo humano e Decreto-Lei 306/2007, para consumo humano);
- ii) Averiguar a existência de dependência entre a precipitação atmosférica e a variação do nível hidrostático (NHE).

## DESENVOLVIMENTO

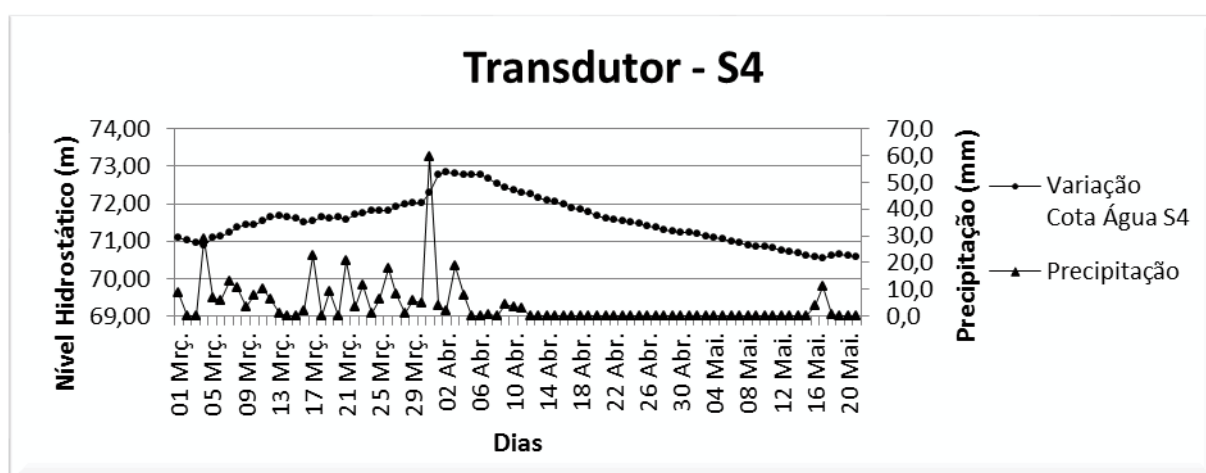
Do ponto de vista geológico, na área em estudo afloram formações do Miocénico marinho de Lisboa, as “Camadas dos Prazeres” (Pais, J. *et al*, 2006; Moitinho de Almeida, 1986). De acordo com o relatório factual do estudo hidrogeológico do jardim botânico de Lisboa (Geotest, 2011), as formações miocénicas, apresentam uma cobertura de depósitos de aterro recentes, de natureza heterogénea e espessuras variáveis, que resultam da intensa ocupação antrópica. A formação “Camadas dos Prazeres” é constituída por argilas, argilas siltosas, areias finas argilosas, argilas margosas e margas, com concreções carbonatadas, formando núcleos de grande resistência. Ocorrem também intercalações calcárias, areníticas e margosas, de um modo geral com pequena espessura. Na base deste complexo encontram-se muitas vezes inclusões de camadas carbonosas, com abundante matéria orgânica vegetal. A espessura total deste conjunto é da ordem dos 30 a 35m, na região de Lisboa, podendo por vezes apresentar espessuras maiores.

Relativamente à hidrogeologia, em relação aos depósitos de aterro, observa-se que a condutividade hidráulica depende tanto da percentagem de finos existentes como da granulometria e natureza dos materiais existentes. Devido à predominância da componente argilosa e argilo-margosa, as formações constituintes das “Camadas dos Prazeres”, agem do ponto de vista hidrológico como um maciço pouco permeável. Porém, estas formações podem conter intercalações de carácter mais arenoso entre camadas de baixa permeabilidade, e intercalações de calcários areníticos ou calcários margosos entre camadas de baixa permeabilidade, as quais podem dar origem à ocorrência de níveis de água suspensos, circulação de água por fracturas, ou através de superfícies de descontinuidade respectivamente, gerando caudais normalmente fracos.

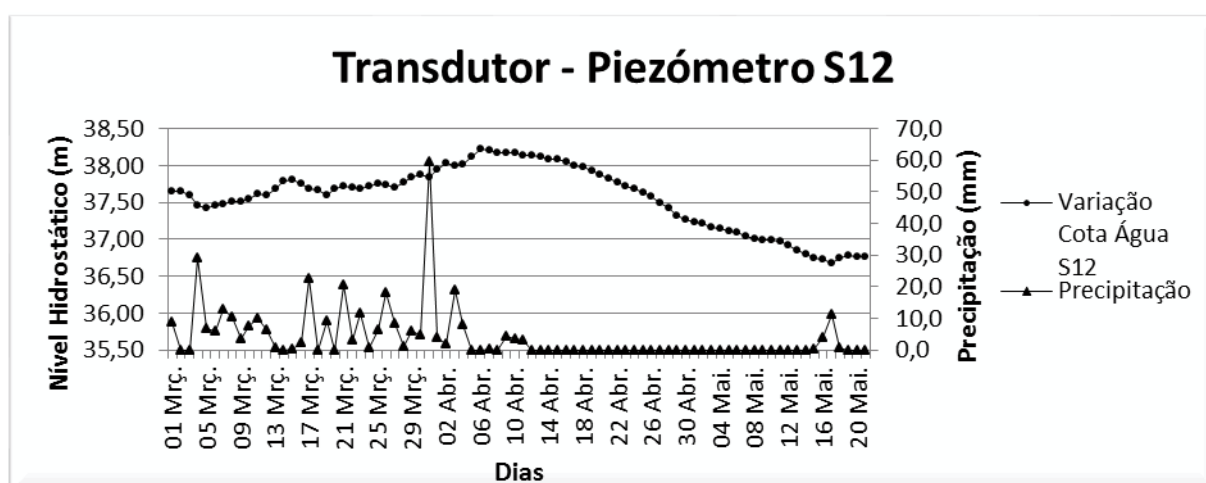
Utilizando os piezómetros já instalados no Jardim Botânico, de um anterior estudo Hidrogeológico do Jardim Botânico (Medeiros & Silva, 2011), foram recolhidas amostras de água e medidos alguns parâmetros *in situ*, nomeadamente: pH, temperatura, condutividade eléctrica e profundidade do nível da água. Dos piezómetros existentes, seleccionaram-se aqueles que se encontram à cota mais alta (77,09 m) e à cota mais baixa (43,21 m), S4 e S12, respectivamente, onde foram instalados transdutores de pressão, com o objectivo de registar a variação da profundidade do nível da água

subterrânea. As amostras de água recolhidas, foram encaminhadas para o laboratório de análise química de fluidos aquosos do GeoFCUL, onde se doseou: bicarbonato, CO<sub>2</sub> livre, dureza total e cálcio, por titulação; fluoretos, cloretos, nitritos, nitratos, sulfatos e fosfatos, por cromatografia iónica; e sódio e potássio, por espectrometria de absorção atómica.

Com início no dia 1 de Março os transdutores registaram as variações na profundidade do nível da água, processo que se efectuou até ao dia 21 de Maio, quando foram recolhidos, e os seus dados convertidos e analisados. Os resultados obtidos são abaixo reproduzidos, nas figuras 1 e 2.



**Figura 1** - Relação entre a Precipitação atmosférica e o Nível Hidrostático (NHE), no piezómetro S4.



**Figura 2** - Relação entre a Precipitação atmosférica e o Nível Hidrostático (NHE), no piezómetro S12.



## CONCLUSÃO

Os resultados analíticos das amostras de água subterrânea, quando comparados com a legislação portuguesa em vigor, permitem concluir que a qualidade da água para rega é geralmente boa e a qualidade da água para consumo humano varia entre média a má, pelo que a água subterrânea poderá ser útil para complementar a rega do Jardim Botânico.

A representação das espécies dissolvidas nas águas recolhidas, em diagrama de Piper, permite classificá-las, maioritariamente, como bicarbonatadas cálcicas.

Da interpretação dos registos dos dois transdutores de pressão, pode concluir-se que os diversos episódios de precipitação induzem um aumento do NHE. Verifica-se um atraso de cerca de um dia, na resposta do NHE relativamente aos diferentes episódios de precipitação, facto este indubitavelmente relacionado com a baixa condutividade hidráulica evidenciada pelas formações geológicas em que os piezómetros estão instalados. Assim, pode afirmar-se que se comprova a existência de dependência entre a precipitação atmosférica e a variação do NHE nas rochas aflorantes no Jardim Botânico.

## Agradecimentos

Gostaríamos de expressar o nosso agradecimento a algumas pessoas, as quais contribuíram de forma decisiva para a realização do presente trabalho: Dr.<sup>a</sup>. Maria Antónia Valente, responsável pela estação meteorológica do Jardim Botânico, pela cedência dos dados de precipitação diária; Mestre Joana Rodrigues, técnica estagiária no laboratório de análises químicas, pelos esclarecimentos prestados durante a execução das análises químicas das águas. Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Conceição Freitas, pela ajuda na interpretação dos dados recolhidos com os transdutores de pressão.

## Bibliografia

- Diário da República, nº164, 1ª Série. Decreto-Lei 306/2007 de 27 de Agosto.  
Diário da República, nº176, 1ª Série A. Decreto-Lei 236/1998 de 1 de Agosto.  
Geotest (2001) - Grandewater hidrogeologia aplicada, lda., Jardim Botânico da Universidade de Lisboa, Instalação de Piezómetros, Relatório Factual, 21 pp.  
Medeiros, A; Silva, M.C.R. (2011) - Caracterização Hidrogeológica do Jardim Botânico da Universidade de Lisboa. Grandwater.  
Moitinho de Almeida (1986) – Carta Geológica do Concelho de Lisboa, à escala 1/10000, Folha 4, Serviços Geológicos de Portugal.  
Pais, J.; Moniz, C.; Cabral, J.; Cardoso, J. L.; Legoinha, P.; Machado, S.; Morais, M. A.; Lourenço, C.; Ribeiro, M. L.; Henriques, P.; Falé, P. (2006) – Notícia Explicativa da Carta Geológica de Portugal à Escala 1:50.000, folha 34-D. Departamento de Geologia, Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação. Lisboa, 53 pp.

## ***Comparação de Fontes Sísmicas através de Ensaios de Refração Sísmica e MASW***

*Comparison of Seismic Source on Seismic Refraction and MASW Survey*

S. Neves<sup>1\*</sup>, J. Borges<sup>1#</sup>, B. Caldeira<sup>1+</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Évora, Departamento de Física, Centro de Geofísica de Évora, Rua Romão Ramalho, 59, 7000 - Évora.

\* [sneves@uevora.pt](mailto:sneves@uevora.pt), # [jborges@uevora.pt](mailto:jborges@uevora.pt), + [bafcc@uevora.pt](mailto:bafcc@uevora.pt)

### **Resumo:**

Esta comunicação compara os resultados obtidos através dos ensaios de refração sísmica e MASW para duas fontes sísmicas diferentes, por forma avaliar a profundidade máxima através do ensaio MASW. As fontes sísmicas utilizadas foram, o tradicional martelo e uma fonte sísmica AWD (*Accelerated Weight Drop*). Para ambas as fontes sísmicas foram alterados alguns parâmetros de registo, tais como, a utilização de stacking e de ganho automático.

**Palavras-chave:** Ensaio sísmico, Refração, MASW, Geofísica.

### **Abstract:**

This communication compares the results obtained from the seismic refraction and MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) survey's for two seismic sources in order to assess the depth to which these survey's can be achieved. The seismic sources used were, the sledge hammer and AWD (*Accelerated Weight Drop*) seismic source. For both seismic sources have we changed some acquisitions parameters, such as the use of stacking and use automatic gain.

**Key-words:** Seismic Survey's, Refraction, MASW, Geophysics.

### **INTRODUÇÃO**

Os ensaios sísmicos de superfície de rápida execução, como a refração sísmica, com custos mais reduzidos, permitem englobar nos resultados a variabilidade litológica local pela caracterização de um maior volume de solo. No entanto, normalmente estes ensaios recorrem à aquisição de ondas P, o que inviabiliza o seu interesse em locais em que o nível freático esteja próximo da superfície.

A utilização, na caracterização geotécnica, de métodos sísmicos de sub-superfície, que recorrem à aquisição e processamento de ondas superficiais, como meio para obter a velocidade das ondas S (Vs), tem vindo a aumentar desde a década de 80 do passado século, após a introdução do ensaio SASW (*Spectral Analysis of Surface Waves*) desenvolvido pela Universidade de Austin no Texas (Nazarin & Stokoe, 1984). Estes métodos, usando duas ou mais estações, são métodos expeditos que permitem obter resultados em que a relação custo-benefício é bastante apelativa e têm vindo a ser utilizados em variadas aplicações. Com estes métodos é possível ultrapassar grande parte das desvantagens da refração sísmica, quer de ondas P quer de ondas S, usando praticamente o mesmo dispositivo e equipamento de aquisição.

## REFRAÇÃO SÍSMICA

O método de refração sísmica, baseia-se na geração de ondas sísmicas P que se propaga no terreno e se refracta nas interfaces dos meios com velocidades de propagação crescentes em profundidade, e com características suficientemente distintas.

A aplicação do método consiste na deteção de diferentes ondas refractadas em profundidade e na determinação das suas velocidades de propagação, através da obtenção dos tempos de percurso das ondas sísmicas refractadas nas interfaces com suficiente contraste de velocidades de propagação (Redpath, 1973).

## MASW – MÉTODO DAS ONDAS SUPERFICIAIS

O método MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) baseia-se no estudo do fenómeno da dispersão das ondas superficiais em meio verticalmente heterogéneo, isto é, diferentes frequências propagam-se com velocidades diferentes, designadas por velocidade de fase. Este procedimento é usado como base para construir uma curva, que relaciona a velocidade de fase com a frequência, designada por curva de dispersão.

O objetivo principal do método é determinar a distribuição em profundidade da velocidade de propagação das ondas S. As ondas adquiridas são normalmente as ondas de Rayleigh, que correspondem a cerca de dois terços da energia produzida por uma fonte pontual (Richart *et al.*, 1970). São conhecidas diversas metodologias, em que se faz variar, por exemplo, o número e tipo de receptores utilizados, o processo para obter a curva de dispersão e/ou o algoritmo de inversão (Nazarian & Stokoe, 1984, Stokoe *et al.*, 1988, Park *et al.*, 1998-b, Park *et al.*, 1999, Xia *et al.*, 1999, Xia *et al.*, 2000).

## DESCRIÇÃO GERAL DOS ENSAIOS

O local escolhido para realizar os ensaios descritos foi o campus da Mitra, pertencente à Universidade de Évora, com as seguintes coordenadas:  $N38^{\circ} 31.922$ ,  $W8^{\circ} 00.723$ , WGS 84, estando representadas na Fig.1 através do ponto P.



Figura 1 – Localização dos ensaios.



Figura 2 – Martelo e fonte baseada na queda de um corpo acelerado por elásticos AWD “Accelerated Weight Drop”.

O equipamento utilizado nos ensaios foi: Sismógrafo (P.A.S.I. 16SG24), 24 geofones (frequência de resposta de 4,5 Hz para MASW e 10 Hz para a refração sísmica), martelo e fonte sísmica AWD (Fig.2). Os perfis resultantes dos ensaios MASW e refração sísmica começam no Ponto P. O espaçamento entre geofones é de 0,50 m, e no caso do MASW o trigger foi colocado a 2,00 m do primeiro geofone. Os parâmetros de registo utilizados na refração sísmica foram: intervalo de amostragem de 0,125 ms e intervalo de registo de 250 ms. No caso do MASW o intervalo de amostragem adotado foi de 0,250 ms e o intervalo de registo de 1024 ms (Park *et al.*, 2002). O ganho (definido automaticamente a partir de testes com a fonte) e o stacking (soma de registos redundantes para aumentar a razão sinal ruído) foram definidos de acordo com a tabela 1, sendo adotado stacking com 3 impulsos. O plano de trabalhos realizado para ambos os ensaios, é apresentado na tabela 1, onde E1 representa o número do ensaio.

Tabela 1 – Resumo dos ensaios.

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Martelo	x	x	x	x				
AWD					x	x	x	x
Sem stacking	x		x		x		x	
Com stacking		x		x		x		x
Sem ganho*	x	x			x	x		
Com ganho*			x	x			x	x

## RESULTADOS DOS ENSAIOS

O programa utilizado para processar os dados do ensaio de refração sísmica foi o “WinSism V.14”, e para processar os dados do MASW foi o programa “Surfseis V2.05”. Após realizado o processamento dos dados de refração foi possível determinar a velocidade de propagação das ondas P para a maioria dos ensaios, exceto para o ensaio E7, derivado a problemas técnicos nos ficheiros de aquisição. Verificou-se que o local em estudo apresenta 2 camadas com características geológicas distintas, e que a sua interface se situa acerca de 1,00 m abaixo do solo. A Fig. 3 e 4 apresenta a velocidade de propagação das ondas P na camada 1 e 2, respetivamente, para os diversos ensaios realizados, e tendo em conta a posição onde são determinadas as velocidades, designado por Tiro.

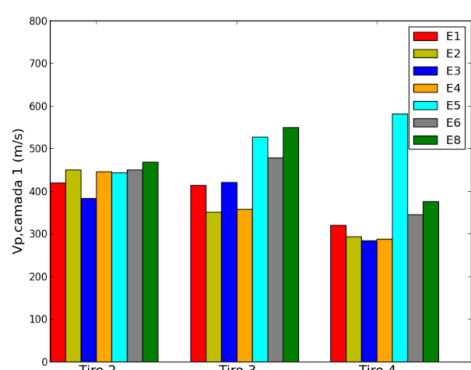


Figura 3 – Velocidade das ondas P, camada 1.

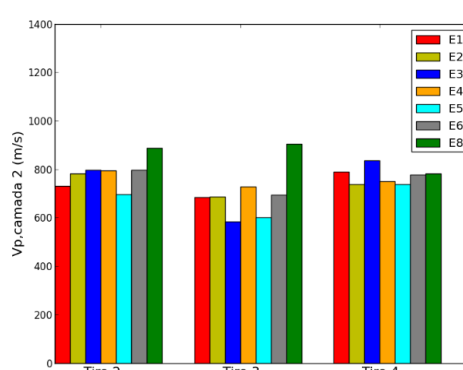


Figura 4 – Velocidade das ondas P, camada 2.

Verificou-se que o ensaio (E6) é o mais próximo do valor médio, sendo adotado como modelo de velocidades para iniciar o processamento do MASW.

Após o processamento dos dados provenientes dos ensaios MASW, verificou-se que os resultados com fonte sísmica AWD atingem frequências mais baixas que o martelo, desta forma é possível avaliar a propagação das ondas S a maiores profundidades.

## CONCLUSÃO

Os ensaios de refração sísmica e MASW tiveram como objetivo comparar os resultados obtidos através da fonte sísmica AWD e o martelo, por forma a atingir maiores profundidades de prospeção através do ensaio MASW.

Em relação aos ensaios de refração sísmica verificou-se que não existe significativa divergência de velocidades de propagação das ondas P. No entanto, o ensaio E5, E6 e E8, verificou-se aumento ligeiro de velocidade na camada 1 para o tiro 3 e 4.

Relativamente aos ensaios MASW verificou-se que a utilização da fonte sísmica AWD permite obter frequências mais baixas do que o martelo. Em suma, os resultados deste ensaio são bastante encorajadores para que este método seja aplicado a prospeções mais profundas, avaliando assim, mais profundamente o comportamento do solo a ações dinâmicas.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) o financiamento concedido através do projeto “NEFITAG – Movimentos Sísmicos intensos e efeitos locais na Região do vale Inferior do Tejo” - “PTDC/CTE-GIX/102245/2008”, e o projeto SISMOD/LISMOT - PTDC/CTE-GIN/82704/2006.

## Bibliografia

- Nazarian, S. & Stokoe, II K.H. (1984). In situ shear wave velocity from spectral analysis of surface waves. *Proc. 8th Conf. on Earthquake Engineering*, S. Francisco, vol. 3. Prentice Hall, pp. 31-38.
- Park, C.B., Xia, J., Miura, H. (2002). Optimum field parameters of an MASW survey. Expanded abstracts, *SEG-J*, Tokyo.
- Park, C.B., Miller, R.D., Xia, J. (1999). Multichannel analysis of surfaces waves. *Geophysics* 64(3), pp. 800-808.
- Park, C.B., Xia, J., Miller, R.D. (1998-b). Imaging dispersion curves of surfaces waves on multichannel record. *68<sup>th</sup> Ann. Internat. Mtg., Soc. Expl. Geophys.* Expanded Abstracts, 1377-1380.
- Redpath, B. B. (1973). Seismic Refraction Exploration for Engineering site investigations. *Explosive Excavation Research Laboratory Livermore*, California.
- Richart, F.E., Hall, J.R. & Woods, R.D. (1970). Vibration of soils and foundations. Prentice-Hall.
- Stokoe, K. H. li, Nazarian, S., Rix, G. J., Sanchez-Salinerio, I., Sheu, J-C. & Mok, Y-J. (1988). In situ seismic testing of hard-to-sample soils by surface wave method. *Earthquake Eng. & Soil Dynamics II*, Recent Advances in ground-motion evaluation, ASCE, Park City, pp.264-278.
- Xia, J., Miller, R.D., Park, C.B., Ivanov, J. (2000). Construction of 2d vertical shear-wave velocity field by the multichannel analysis of surface wave technique. *Proc. of the Symposium on the application of geophysics to engineering and environmental problems. Arlington, Va., p. 1197-1206.*
- Xia, J., Park, C.B., Miller, R.D. (1999). Estimation of near-surface shear-wave velocity by inversion of Rayleigh waves. *Geophysics* 64(3), pp. 691-700.

## ***Estudo do sismo de Zemmouri-Boumerdès de 21 de Maio, 2003 – através de dados sísmicos e SAR***

*Study of the Zemmouri-Boumerdès earthquake of May 21<sup>ST</sup>, 2003 – from Tele-seismic and SAR data*

R.Santos<sup>1, 2 \*</sup>, B. Caldeira<sup>1</sup>, M. Bezzeghoud<sup>1</sup> J. Borges<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Évora, Centro de Geofísica de Évora, Rua Romão Ramalho, 59, Évora.

<sup>2</sup> Instituto Hidrográfico, Divisão de Geologia Marinha, Rua das Trinas, 49, Lisboa.

\* ruben.santos@hidrografico.pt

**Resumo:** Neste trabalho é apresentado o estudo ao sismo (Mw=6.8) ocorrido a 21 de Maio de 2003 em Zemmouri (Argélia) através de uma metodologia baseada em dados tele-sísmicos e synthetic aperture radar (SAR). As franjas interferométricas revelaram um forte deslocamento ao longo da costa da Argélia, entre as cidades de Boumerdès e Zemmouri. A inversão da forma da onda para os dois planos da solução focal (plano 1 inclinado para sul e plano 2 inclinado para norte) apresentam roturas distintas mas ambas bilaterais. Os deslocamentos superficiais calculados a partir desses modelos de fonte indica que o modelo baseado no plano 1 produz resultados mais próximos dos medidos por interferometria.

**Palavras-chave:** Sismo, Argélia, InSAR, tele-sísmicos.

**Abstract:** This work is a study of the earthquake (Mw=6.8) occurred May 21, 2003 in Zemmouri (Algeria) through a methodology based on tele-seismic and synthetic aperture radar (SAR) data. The interferometric fringes revealed a strong displacement along the coast of Algeria, between the cities of Boumerdès and Zemmouri. The inversion of the Body wave for the two focal solutions (one plan dipping to the South and the second plan dipping to the North) showed distinct ruptures, however both bilateral. The surface displacements calculated from these source models indicate that the model based on the plan 1 produces results closer to the measured by interferometry.

**Key-words:** Earthquake, Algeria, InSAR, Tele-seismic.

### **INTRODUÇÃO**

A zona este da capital da Argélia foi atingida por um sismo de Mw 6.8 a 21 de Maio de 2003 pelas 18:44 horas (GMT), tendo provocado uma vasta destruição nas cidades costeiras de Boumerdès, Algiers e Tizi-Ouzou (Bouhadad et al., 2004). Esta rotura ocorreu na região da fronteira entre as placas tectónicas Euro-asiática e Africana, onde existe um processo tectónico de colisão na direção NW-SE com uma taxa de contração de cerca de 2.5 mm/ano (Buforn et al., 2004). O movimento relativo entre as placas provoca um ambiente tectónico de compressão, sendo essa energia acumulada e libertada ao longo de várias falhas de diversos tipos, conferindo a esta região um alto nível de complexidade.

A sismicidade histórica do norte da Argélia (Bezzeghoud et al., 1996), revela que os vários sismos destrutivos ocorreram na bacia de Mitidja, a única estrutura geológica ativa próxima da Capital.

Segundo vários centros de sismologia (EMSC, USGS, NEIC, CSEM) este sismo ocorreu no mar, tendo mesmo provocado um pequeno tsunami (Sahal et al., 2009). A solução focal mostra um mecanismo inverso com hipocentro estimado entre os 6km e 15km de profundidade.

A localização e geometria da fonte deste sismo ainda é controversa. A Tabela 1 apresenta algumas soluções publicadas.

Tabela 1 – (lon, lat) posição do epicentro em coordenadas geográficas WGS84;  $H_0$  representa a profundidade do hipocentro; Strike é o azimute da ruptura; Dip é a inclinação do plano da falha; Rake é o ângulo médio da direção da ruptura;  $M_0$  é o momento sísmico.

Modelos	Lon.(°)	Lat. (°)	$H_0$ (km)	Strike (°)	Dip (°)	Rake (°)	$M_0$ (Nm)
USGS	3,78	36,89	9	54	47	88	$1.30 \times 10^{19}$
Delouis et al., 2004	3,65	36,83	6	70	40	95	$2.86 \times 10^{19}$
Meghraoui et al., 2004	3,65	36,83	-	54	50	88	$2.75 \times 10^{19}$
Braunmiller e Bernardi, 2005	3,65	36,83	-	62	25	82	$3.48 \times 10^{19}$
Belabbès et al., 2008 – plano	3,65	36,83	8	65	40	90	$1.78 \times 10^{19}$

Neste trabalho apresentamos os resultados do estudo desta fonte feito através do cruzamento de dados geodésicos e sísmicos, processados mediante a metodologia apresentada em trabalhos anteriores (Santos et al. ,2013a e Santos et al. ,2013b).

### Dados

Para a região afetada foi selecionado um conjunto de dados SAR adquiridos pelo satélite ENVISAT a 2003/02/06; 2003/06/26; 2004/12/02; 2005/05/26; 2005/10/13 para o track 337 da órbita descendente e para o track 244 da órbita ascendente nos dias 2003/03/06 e 2003/07/24. Estas imagens permitiram formar 5 interferogramas com os deslocamentos, na direção do satélite, provocados pelo evento.

Foram também usadas formas de onda sísmica registadas a distâncias epicentrais entre 30° e 90°, e seleccionadas de forma a obter uma boa cobertura azimutal. Destes dados foram usadas janelas de 25s e aplicado um filtro passa banda entre 0.01 e 2Hz.

### RESULTADOS

#### Deslocamentos superficiais - InSAR

Para este estudo foi usado o interferograma obtido com as imagens da orbita ascendente (par 2003/03/06-2003/07/24) por apresentar a melhor coerência (0.35). Nesse interferograma são visíveis várias franjas paralelas à costa que passam pelas cidades mais afectadas: Zemmouri, Boumerdès e Ain Taya. Os maiores deslocamentos na direção do satélite, com cerca de 19 franjas (~53cm), são medidos na zona entre Ain Taya e Boumerdès. A partir da cidade de Zemmouri a incoerência aumenta e por isso as franjas são muito difíceis de contar.

#### Modelos de rotura

Os modelos de rotura ensaiados foram distribuições de deslizamento (slip) obtidos por inversão da forma de onda segundo o método de Kikuchi e Kanamori (1991), segundo parametrizações para os

dois planos da solução focal: a primeira para o plano inclinado para sul (Strike=64°;Dip=50°; rake=83°); e a segunda para o plano inclinado para norte (Strike=256°;Dip=40°; rake=99°). Em ambos os casos foi considerado um plano com 60km de comprimento por 20km de largura. Ambos os modelos obtidos (Figura 1) mostram roturas bilaterais com os deslizamentos concentrados em duas asperezas: uma na zona envolvente do hipocentro e uma segunda mais superficial a SW deste.

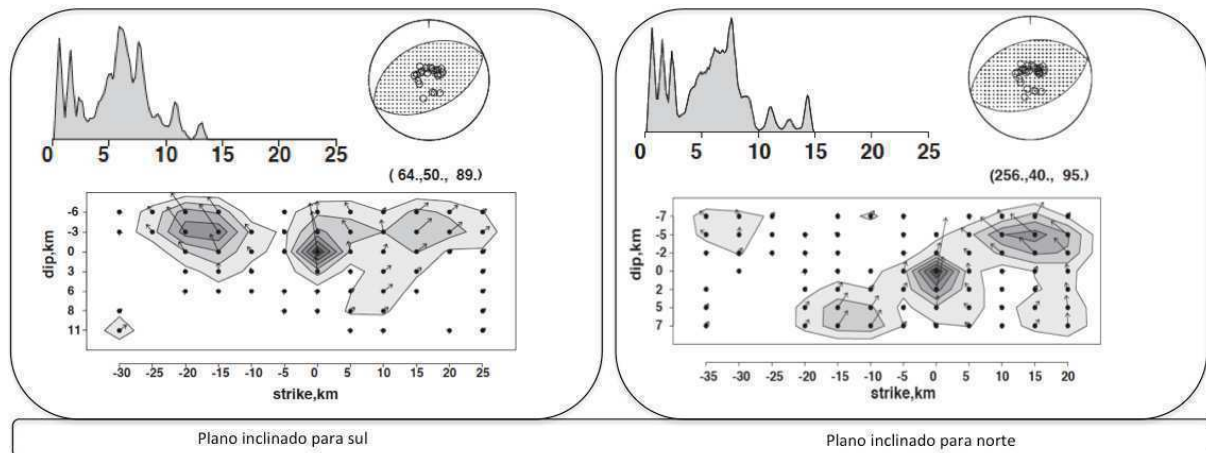


Figura 1. Fonte temporal da fonte, mecanismo e modelo de rotura. Modelo 1 à esquerda e modelo 2 à direita.

O cálculo do campo de deslocamento superficial foi feito através das equações de Okada considerando os modelos de rotura apresentados. Estes deslocamentos foram depois projetados na direção do satélite na órbita ascendente, e representados sob as formas de deformação absoluta e de interferograma sintético, que permitem ser comparadas com os deslocamentos medidos. Em ambos os modelos de deslocamento observa-se que a região mais afetada está compreendida entre Boumerdès e Cap Djinet (Figura 2). Os deslocamentos verticais máximos observados foram ~77cm e ~50cm para o modelo 1 e 2, respetivamente. Entre Cap Djinet e Dellys também se observa uma região que sofreu o efeito da rotura, mas numa magnitude inferior às outras regiões já mencionadas. Nos interferogramas sintéticos observa-se que as franjas seguem, de uma forma geral, um padrão paralelo à costa. Tal como nos interferogramas observados a grande concentração de franjas situa-se entre as cidades Boumerdès e Zemmouri, na região do epicentro, tal não acontece entre as cidades de Cap Djinet e Dellys onde se observa uma menor concentração destas franjas em relação às anteriores regiões.

## CONCLUSÃO

Da análise dos interferogramas registados conclui-se que as franjas interferométricas são paralelas à costa e também se observa que a oeste do epicentro terminam nas proximidades da cidade Ain Taya. No entanto, os resultados interferométricos são inconclusivos relativamente ao lado este do epicentro, pois não se consegue observar qualquer franja devido à incoerência entre as imagens.



Esta limitação pode ser colmatada usando as observações de campo publicadas em Meghraoui et al. (2004).

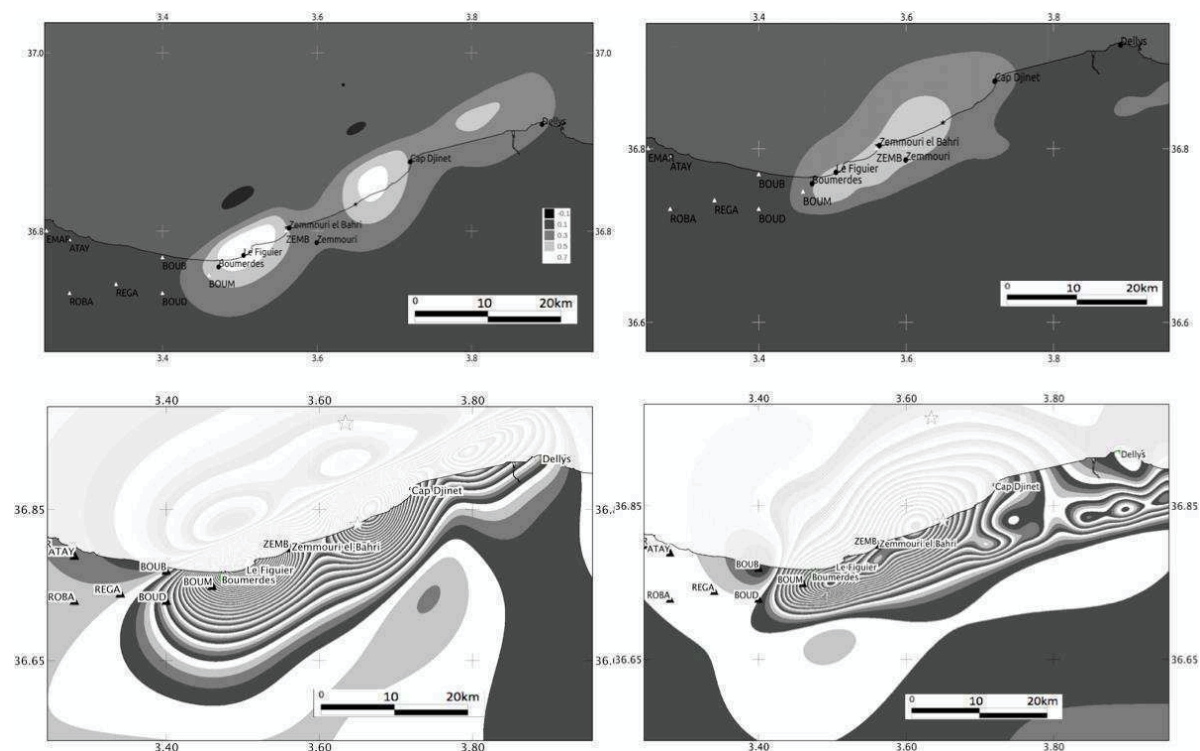


Figura 2. Deslocamentos verticais modelados. Em cima à esquerda está representada os deslocamentos verticais do modelo 1 (a) e à direita encontra-se o modelo 2 (b). Em baixo à esquerda está representado o interferograma sintético do modelo 1 e à direita o modelo 2 (a escala de cores varia de  $-\pi$  a  $\pi$ ).

De acordo com os resultados consideramos que o modelo 1 (Strike=64°) representa satisfatoriamente os deslocamentos observados ao longo da costa, que, de forma geral, coincidiram com as medições de sobre-elevação feitas na costa da Argélia entre Ain Taya e Dellys, (Meghraoui et al., 2004) que mostram um valor médio de 55 cm, com um máximo de 75cm ( $\pm 15$ cm) perto de Boumerdès. Como se pode verificar no gráfico da figura 3 a deformação vertical calculada na região de Boumerdès, usando o modelo 1, quase atingiu os 70cm. Os valores calculados através do modelo 2 são inferiores.

De uma forma geral, as franjas sintéticas coincidem com as franjas interferométricas (Figura 3), excepto entre as cidade de Ain Taya e Boumerdès, abrindo a possibilidade de a falha de Thenia ter rompido durante o sismo de Zemmouri, provocando aquelas franjas.

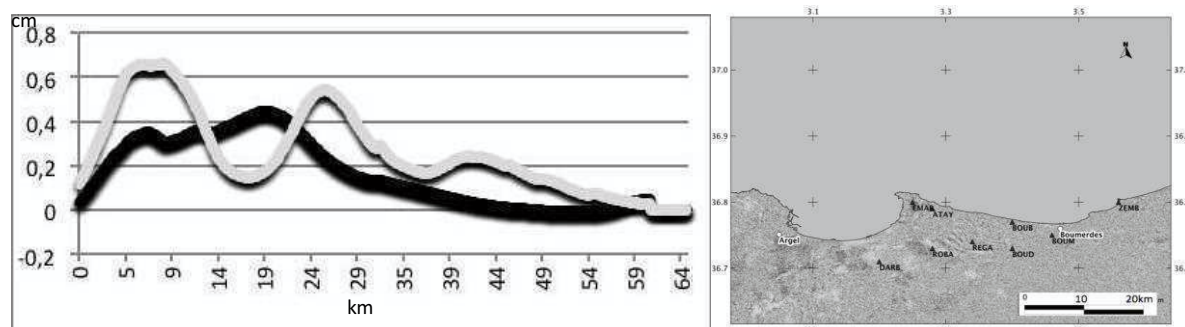


Figura 3. À esquerda: Deslocamentos verticais ao longo da costa calculados usando o modelo 1 (cinzento) e modelo 2 (preto). A origem 0km coincide com 2.5km a oeste de Boumerdès. À direita: interferograma da órbita ascendente (a escala de cores varia de  $-\pi$  a  $\pi$ ).

Para o modelo 1 a projeção do topo do plano da falha encontra-se no mar, aproximadamente a 7km da costa (zona epicentral) e para o modelo 2 a mesma projeção localiza-se em terra a 9km do epicentro. Esta localização deverá ser analisada e ajustada em conjunto com todos os dados de deslocamentos disponíveis.

### Agradecimentos

Agradecimentos à ESA pela disponibilidade dos dados SAR através do projeto CP1-6344.

### Bibliografia

- Belabbès, S., C. Wicks, Z. Çakir, and M. Meghraoui (2009). Rupture parameters of the 2003 Zemmouri (Mw 6.8), Algeria, earthquake from joint inversion of interferometric synthetic aperture radar, coastal uplift, and GPS, *J. Geophys. Res.*, 114, B03406, doi:10.1029/2008JB005912.
- Bezzeghoud, M., Ayadi, A., Sebaï, A., Ait Messaoud, M., Mokrane, A., & Benhallou, H. (1996). Seismicity of Algeria between 1365 and 1989: Map of maximum observed intensities (MOI). *Avances en Geofísica y Geodesia*, 1, 107-114.
- Bouhadad, Y., Nour, A., Slimani, A., Laouami, N., & Belhai, D. (2004). The Boumerdes (Algeria) earthquake of May 21, 2003 (Mw = 6.8): Ground deformation and intensity. *Journal of seismology*, 8(4), 497-506.
- Bounif, A., Dorbath, C., Ayadi, A., Meghraoui, M., Beldjoudi, H., Laouami, N., ... & Maouche, S. (2004). The 21 May 2003 Zemmouri (Algeria) earthquake Mw 6.8: relocation and aftershock sequence analysis. *Geophysical research letters*, 31(19), L19606.
- Braunmiller, J., and F. Bernardi (2005). The 2003 Boumerdes, Algeria, earthquake; regional moment tensor analysis, *Geophys. Res. Lett.*, 32, L06305, doi:10.1029/2004GL022038.
- Bufo, E., M. Bezzeghoud, A. Udias and C. Pro, 2004. Seismic source in the Iberian-African plate boundary. *Pageoph*, 161, 3, 623 – 646
- Delouis, B., M. Vallée, M. Meghraoui, E. Calais, S. Maouche, K. Lamalli, A. Mahsas, P. Briole, F. Benhamouda, and A. Yelles (2004). Slip distribution of the 2003 Boumerdes-Zemmouri earthquake, Algeria, from teleseismic, GPS, and coastal uplift data, *Geophys. Res. Lett.*, 31, L18607, doi:10.1029/2004GL020687.
- Meghraoui, M., S. Maouche, B. Chemaa, Z. Çakir, A. Aoudia, A. Harbi, P.-J. Alasset, A. Ayadi, Y. Bouhadad, and F. Benhamouda (2004). Coastal uplift and thrust faulting associated with the Mw = 6.8 Zemmouri (Algeria) earthquake of 21 May 2003, *Geophys. Res. Lett.*, 31, L19605, doi:10.1029/2004GL020466.
- Sahal, A., Roger, J., Allgeyer, S., Lemaire, B., Hébert, H., Schindelé, F., & Lavigne, F. (2009). The tsunami triggered by the 21 May 2003 Boumerdes-Zemmouri (Algeria) earthquake: field investigations on the French Mediterranean coast and tsunami modelling. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 9, 1823-1834.
- Santos, R., Caldeira, B., Bezzeghoud, M. & Borges, J. (2013a). Estudo da fonte do sismo do Haiti de 12 de Janeiro de 2010 a partir da combinação de dados sísmicos e geodésicos. Workshop em Ciências da Terra e do Espaço. Programa Doutoral em Ciências da Terra e do Espaço. Livro de Actas. Universidade de Évora. ISBN:978-989-98196-2-7
- Santos, R., Caldeira, B., Bezzeghoud, M. & Borges, J. (2013b). Seismic rupture process of the 2010 Haiti Earthquake (Mw7.0) inferred from seismic and SAR data. European Geosciences Union (EGU). 2013. Vienna, Austria.

## ***Prospecção geofísica aplicada à deteção de falhas ativas – a falha de Vila Franca de Xira***

*Geophysical surveys applied to the detection of active faults – the Vila Franca de Xira fault*

J. Casação <sup>1\*</sup>, R. J. Oliveira <sup>2</sup>, B. Caldeira <sup>2</sup>, J. F. Borges <sup>2</sup>, J. Carvalho <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Évora, Centro de Geofísica de Évora, Évora

<sup>2</sup> Universidade de Évora, Departamento de Física, Évora

<sup>3</sup> Laboratório Nacional de Energia e Geologia, Alfragide

\* jcasacao@uevora.pt

**Resumo:** A falha de Vila Franca de Xira é considerada como a mais provável fonte de vários sismos destrutivos que afetaram a região de Lisboa. Contudo, não há evidência à superfície de deformação nos sedimentos Holocénicos pertencentes ao Vale Inferior do Tejo (VIT), devido à baixa taxa de deslizamento (<1mm/ano) e às altas taxas de erosão/sedimentação. O objetivo é confirmar estudos recentes e verificar se esta falha é ativa, contribuindo para a análise de risco sísmico no VIT, usando métodos geofísicos. Inicialmente, o ensaio de sísmica de reflexão deu indicação de quatro falhas prováveis, e por esta razão realizaram-se perfis de georadar e tomografia elétrica nestes locais específicos. Nos perfis obtidos observaram-se vários deslocamentos verticais, correspondendo aos traçados de falhas propostos em trabalhos anteriores.

**Palavras-chave:** Falhas ativas, sísmica de reflexão, georadar, tomografia elétrica

**Abstract:** The Vila Franca de Xira fault is considered to be the most probable source of several destructive earthquakes that affected the Lisbon area. Yet, on surface there is no evidence of faulting in the Holocene sediments of the Lower Tagus Valley (LTV), due to low tectonic activity and high erosion/sedimentation rates. The goal is to confirm recent studies and verify if this fault has been active, thus contributing to seismic hazard assessment in the LTV, using geophysical methods. Firstly, the seismic reflection survey indicated four possible faults, and for this reason, ground-penetrating radar and electrical tomography surveys were conducted on those specific locations. On 2D profiles, several vertical displacements were observed, matching the theoretical fault traces proposed in previous studies.

**Key-words:** Active faults, seismic reflection, ground-penetrating radar, electrical tomography

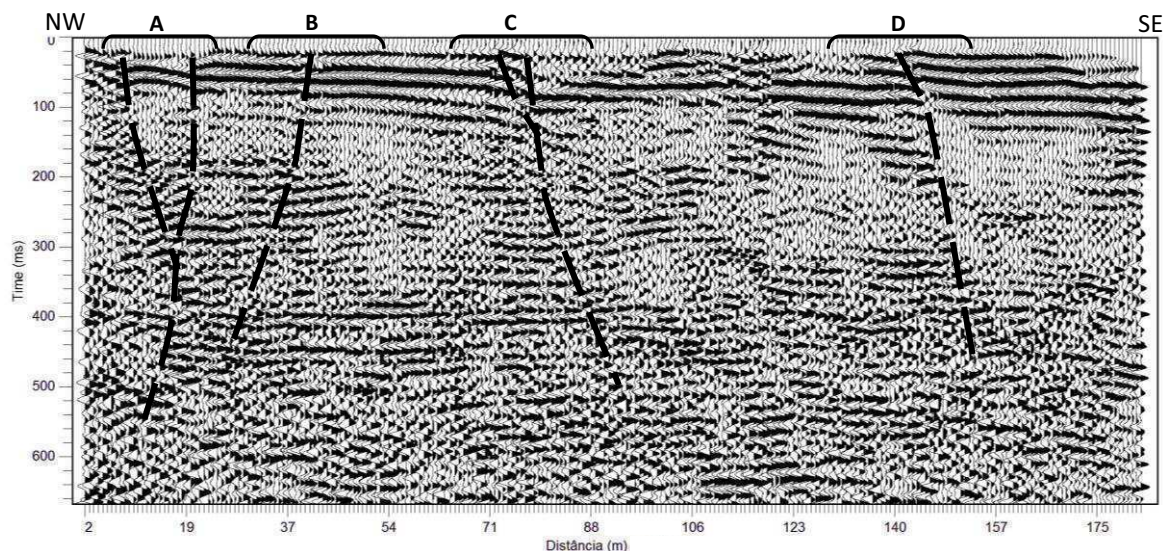
### **INTRODUÇÃO**

Os registos históricos da região de Lisboa apresentam sucessivas referências a sismos violentos, com elevados danos materiais e perda de vidas humanas. Atualmente sabe-se que o VIT alberga as falhas ativas onde se produziram alguns desses sismos, nomeadamente os de 1909 e 1531, com magnitudes de 6.0 a 7.0 na escala de Richter. A repetição de um evento semelhante teria efeitos devastadores. Para além da elevada densidade populacional, a região está edificada sobre uma bacia sedimentar com dimensão suficiente para produzir a amplificação das ondas sísmicas e consequentemente dilatar o efeito dos terremotos. A caracterização das fontes sismogénicas, que implica o reconhecimento das falhas ativas que geram sismicidade, é uma tarefa essencial para o estudo do modelo de evolução tectónica regional e avaliação do risco sísmico. Este trabalho de

prospecção geofísica é parte integrante do projeto de paleosismicidade ATESTA, que tem como objetivo localizar e caracterizar falhas ativas aflorantes do VIT. A área de estudo faz parte da zona de falha Ota-Vila Franca de Xira-Lisboa-Sesimbra (Carvalho *et al.*, 2008). Há evidência que a falha de Vila Franca de Xira é ativa (Ghose *et al.*, 2013), sendo provavelmente a fonte do sismo catastrófico de 1531. A baixa taxa de deslizamento (<1mm/ano) que corresponde a baixo grau de actividade tectónica, e a alta taxa de sedimentação/erosão são responsáveis pela inexistência de afloramentos geológicos. Por esta razão, recorreu-se a técnicas de prospecção geofísica, como a sísmica de reflexão, georadar e tomografia elétrica, resultando em perfis 2D.

### ENSAIOS GEOFÍSICOS NO VALE INFERIOR DO TEJO

Tem sido demonstrado (Carvalho *et al.*, 2012), que o método da sísmica de reflexão garante uma interpretação fiável da estrutura geológica. Inicialmente, a execução do perfil de sísmica de reflexão e a sua posterior interpretação, deu a indicação de quatro potenciais segmentos de falha.



**Fig. 1:** Perfil de sísmica de reflexão (ondas P), migrado. O tracejado indica os segmentos de falha prováveis. A partir desta interpretação foram definidas quatro zonas de interesse, marcadas de A – D

Tendo em conta esta informação foram então executados os métodos de georadar e tomografia elétrica ao longo de todo o perfil de sísmica, com especial atenção nos quatro locais especificados. Desta forma, foi possível produzir uma interpretação geológica, a baixa profundidade.

### GEORADAR (GROUND-PENETRATING RADAR)

Em geral, esta técnica funciona por emissão de impulsos eletromagnéticos (EM) para o solo, que são refletidos em cada contraste físico, (ex.: solo/litologia), podendo ser interpretados geologicamente. Foram realizados ensaios com antenas de 100, 200 e 400 MHz, de forma a garantir resoluções e profundidades diferentes, ao longo dos locais de interesse (A – D) definidos no perfil de sísmica de



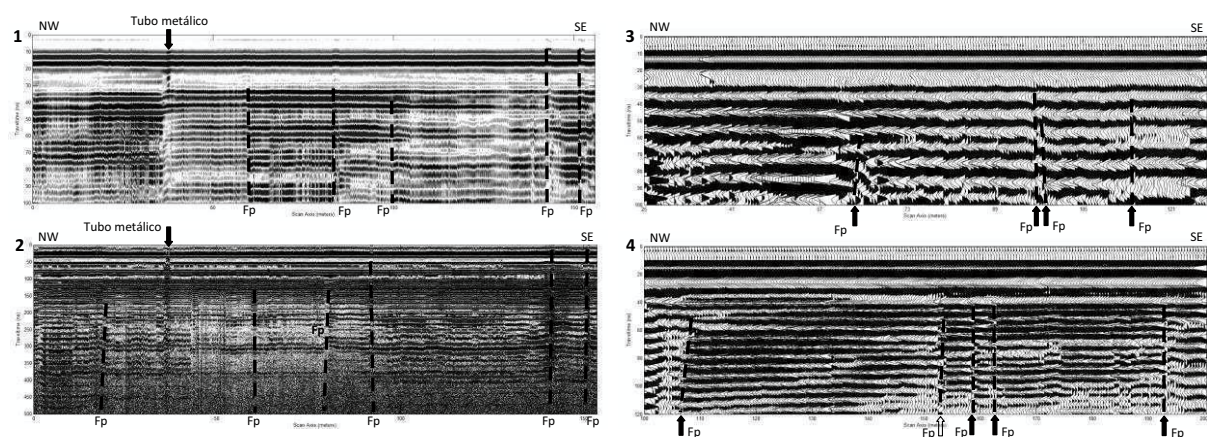
reflexão. Após a obtenção dos dados de campo, foi necessário realizar processamento através de *software* RADAN e do *plugin* matGPR para MATLAB, daqui resultando radargramas.

## TOMOGRAFIA DE RESISTIVIDADE ELÉTRICA

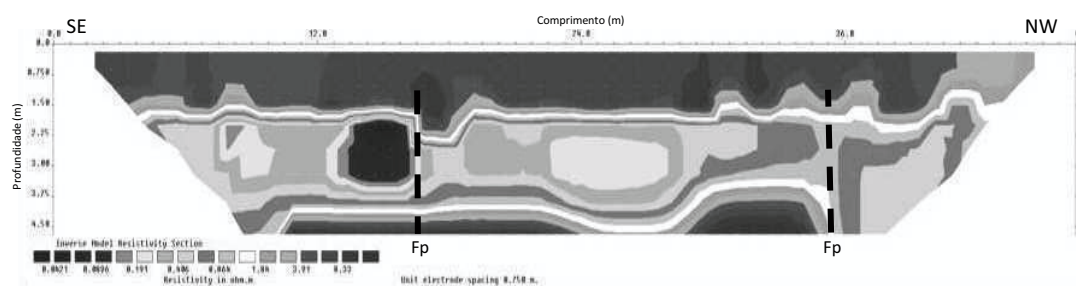
Este método consiste na injeção de corrente elétrica no solo por dois elétrodos de corrente, e na leitura da diferença de potencial entre dois elétrodos. Através da corrente (I) e voltagem (V), é possível calcular a resistividade aparente. Utilizando o *software* Res2DInv procedeu-se à inversão dos dados, de forma a obter o perfil 2-D final. De todos os tipos de varrimento (*array*) disponíveis no equipamento 16G-N da PASI, o escolhido foi o Dipolo-Dipolo, visto que é um bom método para identificar estruturas verticais como cavidades e falhas geológicas, tendo ainda uma boa resolução horizontal. O perfil resultante foi realizado na zona B (ver figura 3), que tem um comprimento de 46,5m e profundidade máxima de 5,0m.

## RESULTADOS

Após o processamento dos dados de campo de georadar e tomografia elétrica, são então apresentados os resultados sob a forma de perfis 2-D.



**Fig. 2:** Radargramas interpretados, obtidos após processamento dos dados de campo. 1 – Antena 200MHz (modo distância); 2 – Antena 100 MHz (modo distância); 3 – Antena 200MHz (modo ponto – *wiggle*); 4 – Antena 200Mhz (modo ponto – *wiggle*). Fp – Falha provável



**Fig. 3:** Secção interpretada de tomografia de resistividade elétrica. Fp – Falha provável

Os radargramas revelam algumas deformações e descontinuidades, que podem relacionar-se com potenciais falhas geológicas, correspondentes a deslocamentos sub-verticais abruptos. Algumas destas deformações têm expressão mais profunda (como sugere a sísmica de reflexão) e terminam junto à superfície. No perfil de tomografia elétrica surgem valores de resistividade baixa ( $<10 \Omega \text{ m}$ ), típicos de solos areno-argilosos. Embora o perfil apresente diferenças de valores de resistividade, não parece haver disparidades significativas que indiquem com clareza deformações sub-verticais, semelhantes às que foram observadas nos radargramas. Apesar disto, as poucas variações existentes têm correspondência com os deslocamentos verticais observados no perfil de sísmica de reflexão.

## CONCLUSÃO

Em geral, ficou demonstrado o bom resultado das campanhas de sísmica de reflexão, que constituíram a base de trabalho, e que serviram para orientar os restantes métodos geofísicos de forma a investigar detalhadamente as áreas de interesse selecionadas. Concluiu-se que o georadar ofereceu melhores resultados para este caso específico de deteção de segmentos de falhas ativas. É, ao mesmo tempo, o que apresenta melhor resolução, e onde é possível observar a horizontalidade dos refletores a pouca profundidade, correspondendo a camadas sedimentares típicas de deposição em regime de baixa energia. Esta disposição horizontal permite também denotar com maior clareza as interrupções verticais entre os refletores, deslocamentos aqui interpretados como falhas geológicas.

Numa fase posterior serão abertas trincheiras ao longo destes perfis geofísicos. Este processo terá como objetivo comparar os dados geofísicos com o registo dos logs das paredes das trincheiras. Confirmando-se a existência de falhas nestes sectores, a sua caracterização detalhada e datação irá contribuir significativamente para o estudo da avaliação do risco sísmico na região do VIT.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação para a Ciência e Tecnologia, por financiar o projeto ATESTA (PTDC/CTE-GIX/099540/2008). Agradecemos ainda ao colaborador do CGE Samuel Neves o seu contributo, em especial no decurso do trabalho de campo realizado.

## Bibliografia

- CARVALHO, J., GHOSE, R., LOUREIRO, A. V., PINTO, C. C., BORGES, J. F. (2012). Is the Vila Franca de Xira fault still active? A shallow seismics reflection shear-wave study in an intraplate environment. 74th EAGE Conference & Exhibition incorporating SPE EUROPEC 2012. Copenhagen
- CARVALHO, J., TAHA, R., CABRAL, J., CARRILHO, F., MIRANDA, M. (2008). Geophysical characterization of the Ota-Vila Franca de Xira-Lisbon-Sesimbra fault zone, Portugal. *Geophysical Journal International* 174, 567-584.
- GHOSE, R., CARVALHO, J., LOUREIRO, A. (2013). Signature of fault deformation in near-surface soil visible in shear seismics reflections. *Geophysical Research Letters* 40, 1074-1078.

## ***Dados radiométricos em rochas e solos das regiões de Amarante e Vila Real (Norte de Portugal)***

*Radiometric data in rocks and soils from Amarante and Vila Real (Northern Portugal)*

L. Martins<sup>1\*</sup>, R. Teixeira<sup>2</sup>, A. Pereira<sup>3</sup>, L. Neves<sup>4</sup>, E. Gomes<sup>5</sup>

<sup>1,2,5</sup> UTAD, Departamento Geologia, Centro de Geociências, 001-801 Vila Real, Portugal

<sup>3,4</sup> Universidade de Coimbra, Departamento de Ciências da Terra, IMAR, 3000-272 Coimbra, Portugal

\* <sup>1</sup>[lisa\\_martins@hotmail.com](mailto:lisa_martins@hotmail.com); <sup>2</sup>[mgomes@utad.pt](mailto:mgomes@utad.pt); <sup>3</sup>[apereira@dct.uc.pt](mailto:apereira@dct.uc.pt); <sup>4</sup>[luisneves@dct.uc.pt](mailto:luisneves@dct.uc.pt).

**Resumo:** Nas duas regiões estudadas, afloram maioritariamente rochas granitóides com algumas diferenças texturais e mineralógicas. Na região de Amarante afloram granitos essencialmente biotíticos e com minerais acessórios portadores de U e Th, que justificam os teores de U (10 a 13 ppm) e Th (26 a 32 ppm) superiores à média da crosta continental superior. Os granitos estudados em Vila Real são maioritariamente de duas micas e possuem teores de U entre 9 e 17 ppm e Th entre 7 e 71 ppm. Os valores da dose de radiação externa medidos em rochas graníticas e solos nas duas regiões estudadas denotam elevado potencial radiométrico, ocorrendo anomalias de intensidade moderada, nomeadamente de 232 a 272  $\eta\text{Gy/h}$  em Amarante e 91 a 273  $\eta\text{Gy/h}$  em Vila Real, superando assim o valor de referência para os granitoides da ZCI (200  $\eta\text{Gy/h}$ ).

**Palavras-chave:** radiação gama, granitos, Amarante, Vila Real.

**Abstract:** In the studied two regions outcrop mainly granitic rocks with some textural and mineralogical differences. In the region of Amarante outcrop granitic rocks with more biotite than muscovite and with accessory minerals bearers of U and Th, which justify the levels of U (10-16 ppm) and Th (29-32 ppm) higher than the upper continental crust average. In Vila Real, the studied granites have U contents between 9 and 17 ppm and Th between 7 and 71 ppm. The values of the external radiation dose measured in granitic rocks and soils in the two studied regions denote high potential radiometric occurring moderate intensity anomalies, namely 232-306  $\eta\text{Gy/h}$  in Amarante and 91-273  $\eta\text{Gy/h}$  in Vila Real, thus exceeding the reference value for the granitoids of the ZCI (200  $\eta\text{Gy/h}$ ).

**Key-words:** gamma radiation, granites, Amarante, Vila Real.

### **INTRODUÇÃO**

Estudos recentes de radão no interior de habitações e da incidência do cancro do pulmão na Europa, América do Norte e Ásia evidenciam que o radão causa um número substancial de cancros na população em geral, considerando a OMS tratar-se da segunda causa de cancro do pulmão depois do tabaco. A proporção de 3 a 14% dos casos de cancro do pulmão atribuído ao radão depende da concentração média regional de radão e dos métodos de cálculo (Zeeb and Shannoun, 2009).

As duas regiões estudadas encontram-se geograficamente próximas e são essencialmente constituídas por rochas graníticas. Neste sentido, procuramos comparar os resultados obtidos, nomeadamente na caracterização do fluxo radiométrico dos solos e rochas.

## ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

A região de Amarante é composta por um extenso maciço tardi-orogénico (Fig. 1) representado por um granito biotítico porfiróide de grão grosseiro (AT1) que aflora próximo de Telões e um granito biotítico porfiróide de grão médio (AT2) que ocorre na zona de Padronelo.

Vila Real encontra-se localizada no bordo de um extenso maciço formado por granitos hercínicos sin- a tardi tectónicos onde diferentes tipos de granitos de duas micas ocorrem (Fig. 2): granito Vale das Gatas, granito de Paredes, granito Torre do pinhão, granito Lames, granito de Lordelo, granito de Sanguinhedo, granito de Ragais, granito de Águas Santas e granito de Vilar de Maçada. Ocorre também neste maciço o granito de Felgueiras predominantemente biotítico. O

maciço granítico de Vila real é intruído pelo maciço pós-tectónico de Vila Pouca de Aguiar em que se separam o granito de Souto e o granito de Telões. Um importante sistema de fraturas com direção NNE-SSW e ENE-WSW afetam toda a região de Vila Real (Fig.2).

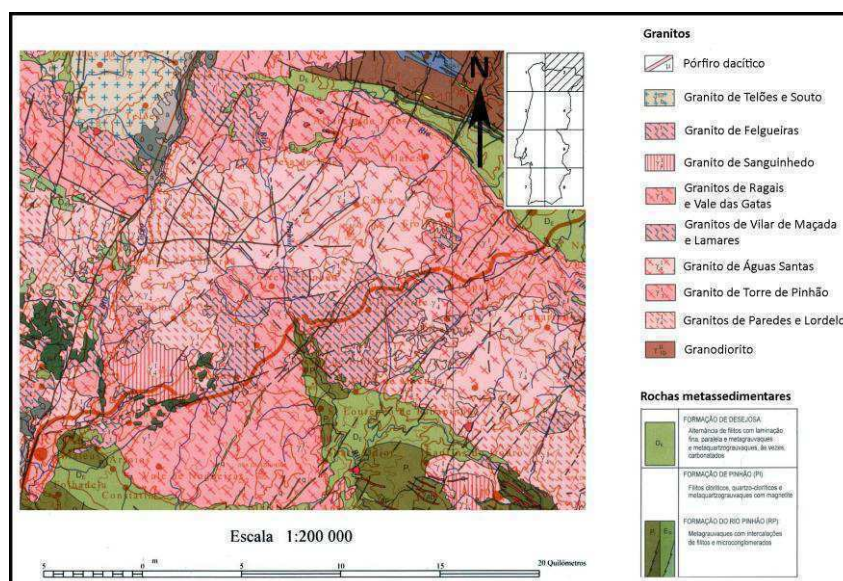
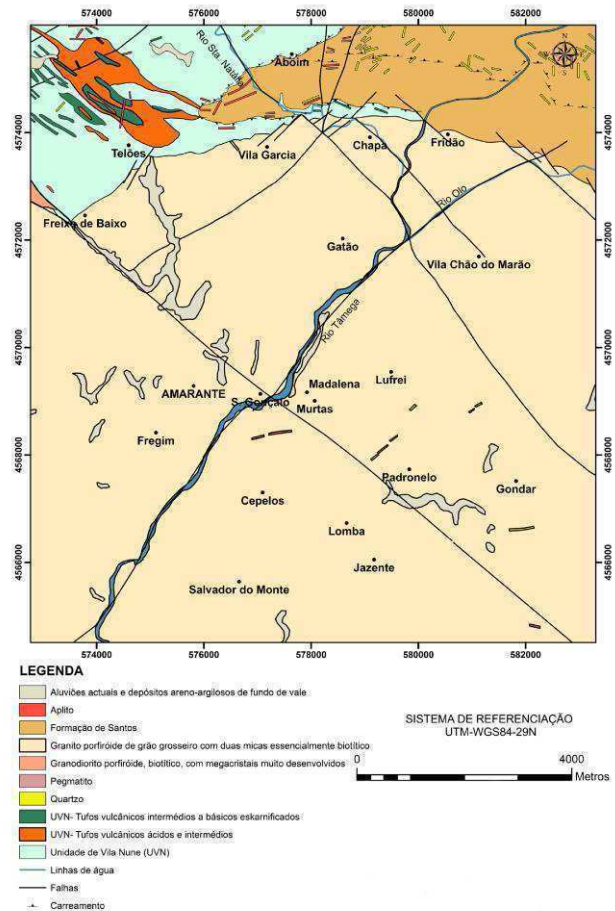


Figura 2. Mapa geológico simplificado da região de Vila Real (modificado de carta geológica 1:200 000, folha 2 Trás-os-Montes).



Rochas metasedimentares autóctones de idade Câmblica afloram nesta região, nomeadamente a Formação de Desejosa e de Pinhão do Complexo Xisto Grauváquico do Grupo do Douro. Um importante sistema de fraturas com direção NNE-SSW e ENE-WS afetam toda a região de Vila Real (Gutiérrez Claverol et al. 1987).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na região de Amarante afloram rochas graníticas com mais biotite do que moscovite e com minerais acessórios portadores de U (monazite e uraninite e Th (torianite e torite, justificando desta forma os teores de U (10 a 13 ppm) e Th (26 a 33 ppm) superiores à média da crosta continental superior (U- 2,8 ppm; Th- 11 ppm) (Tabela I). Em Vila Real, a maioria dos granitos possuem mais moscovite que biotite e teores de U entre 9 e 16 ppm e Th entre 7 e 57 ppm (Tabela I). Os granitos essencialmente biotíticos da região de Vila Real possuem teores de U entre 11 e 17 ppm e Th entre 22 e 71 ppm. À exceção dos teores de U e Th, os metassedimentos de Amarante apresentam valores de K ligeiramente mais baixos (1.7 a 2.1 %) que a abundância crustal, os metassedimentos de Vila Real apresentam todos os teores de K, U e Th mais elevados. Os valores do fluxo de radiação gama medido em contato com as rochas graníticas e solos nas duas regiões estudadas denotam elevado potencial radiométrico, ocorrendo anomalias de intensidade moderada.

Tabela I- Parâmetros radiométricos registados nas diversas litologias da região de Amarante e Vila Real.

REGIÃO	LITOLOGIAS	N	K (%)	U (ppm)	Th (ppm)	Total (cps)	Dose rate (nGy/h)
AMARANTE	AT1	4	3.7	10.1	32.8	449.3	232.3
	AT2	9	3.5	13.3	25.5	550.0	272.0
	AXM	1	2.1	5.9	15.4	320.0	152.0
	AMTS	1	1.7	5.0	23.2	295.0	157.0
VILA REAL	GVM	6	5.1	11.2	8.7	416.8	116.2
	GVG	10	6.1	16.7	57.4	460.5	237.3
	GTP	10	4.9	13.8	10.8	411.4	108.0
	GT	4	4.6	11.0	22.4	418.0	117.5
	GST	3	5.1	10.9	28.9	429.5	145.8
	GSG	3	4.5	12.0	7.7	408.9	108.2
	GRG	2	5.8	14.7	14.0	413.1	131.3
	GP	3	4.8	8.8	6.6	405.0	89.7
	GLD	5	5.3	14.8	10.4	415.6	132.6
	GL	9	5.4	15.8	9.5	424.9	141.8
	GF	3	5.9	16.5	70.5	468.7	272.8
	GAS	4	5.0	12.5	10.3	415.9	112.2
	CXG-FD	4	4.6	8.0	22.0	419.6	130.1
	CXG-FP	4	5.1	10.6	25.6	421.7	150.6
	GD	5	5.3	12.2	24.7	435.4	170.3
	PD	2	3.4	27.5	16.8	441.0	178.9

Legenda: AT1- granito de Telões, AT2- granito de Padronelo, AXM- Xisto Mosqueado, AMTS- Metasiltito, GVM- granito de Vilar de Maçada, GVG- granito de Vale das Gatas, GTP- granito de Torre do Pinhão, GT- granito de Telões, GST- granito do Souto, GSG- granito de Sanguinhedo, GRG- granito de Ragais, GP- granito de Paredes, GLD- granito de Lordelo, GL- granito de Lames, GF- granito de Felgueiras, GAS- granito de Águas Santas, CXG-FD- Complexo Xisto-Grauváquico, Formação de Desejosa, CXG-FP- Formação de Pinhão, GD- granodiorito. PD- Pórfiro Dacítico.

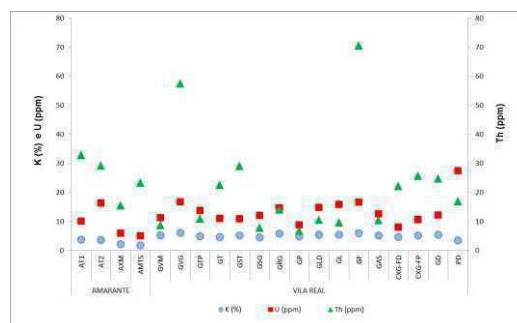


Figura 4- Representação gráfica do teor de elementos radioativos (K, U e Th) nas diversas litologias das regiões estudadas.

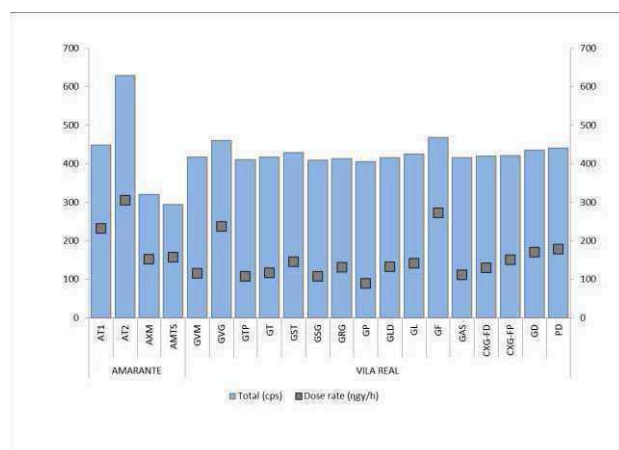


Figura 5- Representação gráfica do fluxo de radiação gama total (cps) e da dose de radiação externa (nGy/h) nas diversas litologias das regiões estudadas.

## CONCLUSÃO

Face aos resultados obtidos pode concluir-se que em Amarante o granito AT2 possui maior teor de U (13 ppm) e o granito AT1 maior teor de Th (33 ppm). De todas as litologias das regiões estudadas, o granito de Felgueiras (GF) da região de Vila Real apresenta teores médios mais elevados de Th (71 ppm) pelo que não constitui surpresa que o fundo seja também um dos mais elevados. De salientar que na região de Vila Real os granitos essencialmente biotíticos possuem intervalos de valores de U e Th superiores aos de duas micas.

Os valores do fluxo de radiação gama medido em contato com as rochas graníticas e solos nas duas regiões estudadas denotam elevado potencial radiométrico justificado através de anomalias com intensidade moderada, nomeadamente 449 a 550 cps em Amarante e 405 a 469 cps em Vila Real, e por alguns valores da dose de radiação externa acima do *background* das rochas granitoides da ZCI (200 nGy/h) nomeadamente 232 a 272 nGy/h para Amarante e 91 a 273 nGy/h para Vila Real. Concluímos também que os metassedimentos de Vila Real apresentam maior potencial radiogénico (79-180 nGy/h) que os de Amarante (152-157 nGy/h).

## Agradecimentos

Este trabalho é financiado pelo Programa Operacional Fatores de Competitividade – COMPETE e pelo QREN-Quadro de referência Estratégico Nacional através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia no âmbito de uma bolsa de doutoramento com a referência SFRH/BD/87336/2012.

## Bibliografia

- Pereira, E. (coordenação) (2006) - Carta Geológica de Portugal à escala 1:200.000 (folha 2). Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, Lisboa.
- Gutiérrez Claverol M, Luque C, Suárez V (1987). El lineamento tectónico Nazaré (W de Portugal)—Luarca (NW de España) y su implicación metalogenética (Macizo Hespérico). In: Bea F., Carmina A, Gonzalo JC, Rodrigues JML, Geología de los granitoides e rocas asociadas del Macizo Hespérico, Libro de Homenaje a L. C. García Figueirola, Madrid, Editorial Rueda, pp 447–455.
- Zeeb H, Shannoun F, eds. (2009). WHO Handbook on Indoor Radon: A Public Health perspective. Geneva, Switzerland: World Health Organization.

## ***Installation and configuration of wireless networks*** ***Instalação e configuração de uma rede wireless***

*Low cost wireless network with Matlab standalone application*  
*Rede wireless de baixo custo com aplicação autónoma em Matlab*

J. Serrano<sup>1\*</sup>, V. Salgueiro<sup>1</sup>, M. Tlemçani<sup>2</sup>, J.F. Borges<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Évora University, Romão Ramalho, 59, 7000-671, Évora.

<sup>2</sup> Évora University, Department of Physics, Romão Ramalho, 59, 7000-671, Évora.

\* xbeeapplication@gmail.com

**Resumo:** Os actuais investigadores, das mais diversas áreas, tem encontrado dificuldades em monitorizar os seus sensores, então, presentemente, é necessário encontrar uma rede de sensores que seja flexível, confiável e de fácil utilização, via wireless. A tecnologia wireless tornou-se um factor importante na monitorização, particularmente com a utilização dos dispositivos ZigBee. Estes dispositivos inteligentes estão a ganhar uma maior aceitação, não só na automação doméstica, mas também na optimização da eficiência, sendo possível operar por um longo período de tempo sem necessidade de manutenção. Neste contexto, este “paper” proporciona testes onde foi utilizado o software Matlab em conjunto com a plataforma Arduino para a monitorização de uma rede de sensores wireless. Demonstrando, assim, as competências do dispositivo ZigBee.

**Palavras-chave:** Rede em malha; Monitorização; Autónomo; ZigBee

**Abstract:** The current researchers in several areas find difficult to monitor their sensors, so in the present moment there is an urgent need for a flexible, reliable and easy handling sensor network, this is achieved via wireless. The wireless technologies are becoming an important asset in monitoring, particularly the ZigBee devices. These smart devices are gaining increased acceptance, not only for home automation, but also for efficiency optimization, being able to operate for long periods of time without maintenance needs. In this context, this paper provides tests using open MATLAB software and Arduino platform with ZigBee technologies for monitoring a wireless sensor network. Our experimental results demonstrate the competence of ZigBee devices applied in a network of sensors.

**Key-words:** Mesh network; Monitoring; Standalone; ZigBee

### **INTRODUCTION**

Wireless Sensor Networks are becoming a fundamental tool of sensor monitoring. [1] Being able to control and monitor sensors via wireless intelligent devices will become increasingly important. The implementation of a wireless network for sensors must be useful, flexible, reliable and efficient.

Several technologies have been developed but one in particular is receiving a lot of attention, the ZigBee. Is a low power wireless networking standard designed for controlling and monitoring applications. The ZigBee standard was prepared by an industry consortium, the ZigBee alliance. Hence, this paper provides a solution for easily monitor sensors via wireless using the ZigBee protocol and devices. [2]

This paper is organized as follows. Section 1 presents an overview of the Arduino platform. Section 2 introduces the ZigBee devices and modules. Section 3 presents a standalone application using MATLAB software.

## DEVELOPMENT

### Section 1

As first approach many test were done only using the Arduino platform and all of its pins, to know this open source and low cost platform. We were pleased to see that it works just fine, powered to 5 VDC with a 10 bits resolution, that is, 1024 different values.

The Arduino Uno is a microcontroller board based on the ATmega 328, figure 1. The board contains 14 digital input/output pins, 6 analog inputs, a USB connection for serial data communication, and a power jack. The Arduino Uno board will be used for the host computer connection. It will be able to communicate with the computer, which includes transferring data from the Arduino, powered using the USB connection. The board contains 31.5 KB of usable Flash memory, 2 KB of SRAM, 1 KB of EEPROM. [3]

To simplify the connection to an XBee module, the Arduino Uno will use an XBee module Breakout Board to interface. The board connects the serial pins (DIN and DOUT) of the Xbee module to the serial pins (D0, D1) of the Arduino platform. [4] The XBee module is supplied with 3.3 VDC. LEDs are used in particular pins of the XBee module to indicate the activity of the network. [5]

### Section 2

ZigBee is designed to interconnect autonomous sensors and actuators to control units with an emphasis on low power consumption. It is a specification based on the IEEE 802.15.4 standard. [6]

The IEEE 802.15.4 stipulates a transfer rate of 250 kb/s. A network must have one node that acts as a coordinator, managing the entire network and responsible for the network creation choosing a personal area network identifier (PAN ID). The coordinator is called a Full Functioning Device (FFD). Each device has a unique 64-bits identification so it is possible to have a mesh network, figure 2, and still be possible to identify each one of the sensors and where is located.

There are three different types of ZigBee devices. The ZigBee coordinator is an FFD that coordinates the network and forms it. The ZigBee router is an FFD that can have sensors, its capacity enables it to relay messages from other nodes, acting as a router. The ZigBee end device is a Reduced Functioning Device (RFD) that can be connected to sensors and can be asleep most of the time to extend the battery life. [7]

In the network topologies topic, a star topology is controlled by one single device, the ZigBee coordinator. A mesh and tree topologies is controlled by one single device, the ZigBee coordinator and the routers can communicate with each other, enhancing the network range and its reliable.

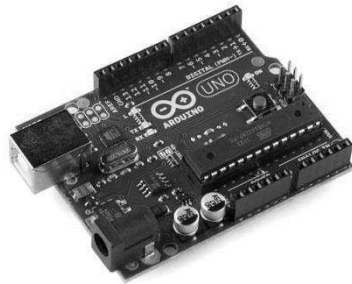


Figure 1 – Arduino UNO platform.

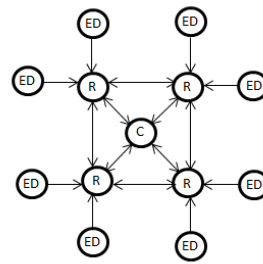


Figure 2 – Meshgrid, R-router; ED-End device.

Mesh networking are robust sensor networks, the application in this paper works with XBee Series 2 modules, which are the ones used to operate in mesh networks. [8] There are two different transmission powers, regular and pro. The regular version is slightly less expensive way to get started, with an outdoor line-of-sight range of 120 meters and pro has more power, is more expensive and with an outdoor line-of-sight range of 3200 meters. [9]

### Section 3

Were used several protocols in the wireless sensor network, in a first instance the computer communicates with the Arduino platform using the serial protocol. This one communicates with the XBee module in the same way. XBee modules, between each other's, communicate using ZigBee protocol. This wasn't enough, we had to communicate via internet, using the STMP and FTP, Simple Transfer Mail Protocol and File Transfer Protocol, respectively.

Through the MATLAB software [10] the standalone application is able to send values from sensors via mail and via website. This allows the monitoring of the network to be flexible and easily handling.

The standalone application requests some information to the user as entering the session. It's used the MATLAB GUI, Graphical User Interface, so the user can easily interact with the program.

The application grants to the user that the information received by the computer from the sensors is saved upon Excel and the value can be observed in the interface in a real-time chart, with a delay of 5 seconds. The sampling time is set on the XBee module, the standalone application uses 1 sample per second. The charts are also saved in the user's computer every time it refreshes, so the user can check its sensor values and compare with its history. With a time parameterized by the user mail notifications are received on the email address provided upon the start.

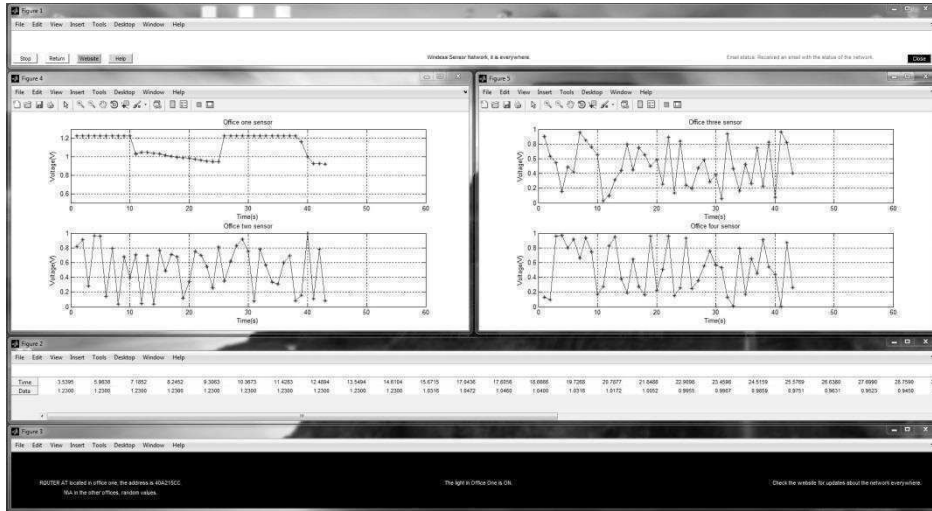


Figure 3 – Standalone application.

## CONCLUSION

In order to monitor sensors everywhere it is a prototype designed with a low cost hardware and acceptable durability, it is estimated average life for coordinator is 2516.7 hours and for the end device is 2792.7 hours, counting that XBee module consume is 3 VDC. Take into account a multifunctional prototype, flexible in obtaining various data in the field of science and technology. For instance, it can be used in seismology, measuring environmental parameters or quality of the air. [11] It is a prototype that can be used in another field of work whose necessity is the data acquire. Hence, wireless sensor network that clearly express the handiness of the ZigBee devices for monitoring real-time data from several sensor in a mesh network. [12]

## Acknowledgements

The authors thank Évora University and professor Hugo Silva.

## References

- [1] Emily Gertz & Patrick Di Justo, Environmental Monitoring with Arduino.
- [2] Robert Faludi (2011), Building Wireless Sensor Networks, 1-3.
- [3] Arduino, Arduino UNO datasheet, 1-8.
- [4] Digi International Inc. (2008), X-CTU Configuration & Test Utility Software User Guide, 1-16.
- [5] Digi International Inc. (2013), XBee®/XBee-PRO® ZB RF Modules, 13.
- [6] Robert Faludi (2011), Building Wireless Sensor Networks, 27-28.
- [7] Robert Faludi (2011), Building Wireless Sensor Networks, 26-27.
- [8] Robert Faludi (2011), Building Wireless Sensor Networks, 142-160.
- [9] Digi International Inc. (2013), XBee®/XBee-PRO® ZB RF Modules, 9.
- [10] Craig S. Lent, Learning to Program with MATLAB – Building GUI tools.
- [11] Robert Faludi (2011), Building Wireless Sensor Networks, 93-109.
- [12] Robert Faludi (2011), Building Wireless Sensor Networks, 167-187.

# **ENQUADRAMENTO CARTOGRÁFICO DO COMPLEXO DE GRANJA (NW CEARÁ, BRASIL) E AVALIAÇÃO DE SISTEMAS DE REFERENCIAÇÃO GEOGRÁFICA**

*Cartographic framework of the Granja Complex (NW Ceará, Brazil) and assessment of geographic reference systems*

A. J. F. Silva<sup>1\*</sup>, A. C. Teodoro<sup>2,3</sup>, L. Duarte<sup>2,3</sup>, J. A. Goncalves<sup>2</sup>, J. A. Nogueira Neto<sup>4</sup>,  
M. R. Azevedo<sup>1</sup>, B. Valle Aguado<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Aveiro, Departamento de Geociências, GeoBioTec, Campus de Santiago, 3810-193, Aveiro, Portugal

<sup>2</sup> Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território,

<sup>3</sup> Centro de Investigação em Ciências Geo-Espaciais, Rua do Campo Alegre 687, 4169-007, Porto, Portugal

<sup>4</sup> Universidade Federal do Ceará, Departamento de Geologia, Recursos Minerais e Geodinâmica, Campus do Pici, Bloco 912, 60.455-760, Fortaleza - CE, Brasil

\* antoniojsilva@ua.pt

**Resumo:** Este estudo destaca os benefícios da análise metódica da cartografia de base que suporta a produção de Cartografia Geológica. Em certas regiões, as cartas base publicadas estão ainda associadas a redes geodésicas clássicas e, com frequência, são introduzidos erros quando se desconsideram parâmetros essenciais como a Projecção Cartográfica e o *Datum* Geodésico. Com o uso sistemático dos dispositivos de *GPS* e dos Sistemas de Informação Geográfica para a elaboração das cartas geológicas, é imprescindível o conhecimento prévio do Sistema de Coordenadas ao qual devem estar ajustados os dados geo-espaciais. Neste estudo de caso, as diferenças e os erros associados à aquisição de coordenadas entre os *Data* geocêntricos *WGS84* e *SIRGAS2000* são residuais, atendendo aos parâmetros das cartas base, à região do globo, o campo de acção e a escala, minimizando assim a propagação de erros de posicionamento e georreferenciação subsequentes.

**Palavras-chave:** Sistemas de Referência Espaciais, Transformação de Coordenadas, *Datum* *SIRGAS2000*

**Abstract:** This study draws attention to the usefulness of detailed analysis on the cartographic products that sustain Geological Mapping. In some regions, the published base maps are still related to classical geodetic networks and often errors are introduced when we disregard the essential parameters such as the Cartographic Projection and the Geodetic *Datum*. With the systematic use of GPS devices and the Geographic Information Systems to create geological maps, it is fundamental to previous recognize the official Coordinate System in which the geospatial data should be adjusted. In this case, the errors among the coordinate acquisition in the geocentric *Data* *WGS84* and *SIRGAS2000* are minimum, considering the base maps parameters, the globe region, the scope and the map scale, minimizing the error propagation on positioning and subsequent georeferencing.

**Key-words:** Spatial Reference Systems, Coordinate Transformations, *SIRGAS2000 Datum*

## **INTRODUÇÃO E ENQUADRAMENTO CARTOGRÁFICO**

Em Geologia de Campo, a cartografia topográfica de base é um elemento indispensável. A leitura e o conhecimento das informações presentes nas cartas é uma necessidade inerente para fins de cartografia geológica (e.g. Projecção, *Datum* Geodésico, Elipsóide de Referência, entre outros). A

cartografia de base do território brasileiro passou por grandes transformações evidenciadas por constantes mudanças no referencial geodésico ocorridas ao longo do tempo: Criciúma/Itararé, Córrego Alegre (1961 e 1970 + 1972), PSAD56, *Datum* Astro Chuá, SAD 69, SAD 69/96 e *SIRGAS2000* (Marotta e Rodrigues, 2011). Presentemente, o Brasil é nação cooperante da nova Rede e Sistema Geocêntrico de Referência para a América do Sul (*Datum* SIRGAS2000) que utiliza a concepção de um sistema moderno, onde o factor "tempo" é acrescentado com as coordenadas e velocidades dos vértices geodésicos associados a uma determinada época. Foi oficialmente adoptado como Referencial Geodésico Brasileiro em 2005, estando actualmente numa situação transitória até 2014, com a recomendação de que a nova cartografia integre o *SIRGAS2000*. O Elipsóide de Referência utilizado é o *GRS80* (*Geodetic Reference System* 1980), sendo considerado idêntico ao *WGS84* (*World Geodetic System* 1984). Como já é oficialmente reconhecido internacionalmente, o *WGS84* é muito importante frente aos demais, pois é o sistema de referência das operacionalidades do *GPS*.

A área de estudo (Complexo de Granja) situa-se na região NW do Estado do Ceará (Brasil) e é coberta parcialmente pelas cartas topográficas, na escala de 1:100.000, de Granja (SA.24-Y-C-III), Chaval (SA.24-Y-C-II), Bitupitá (SA.24-Y-A-V), Camocim (SA.24-Y-A-VI), Acaraú (SA.24-Y-B-IV) e Bela Cruz (SA.24-Y-D-I) da SUDENE (Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste) e Diretoria do Serviço Geográfico do Brasil (figura 1).

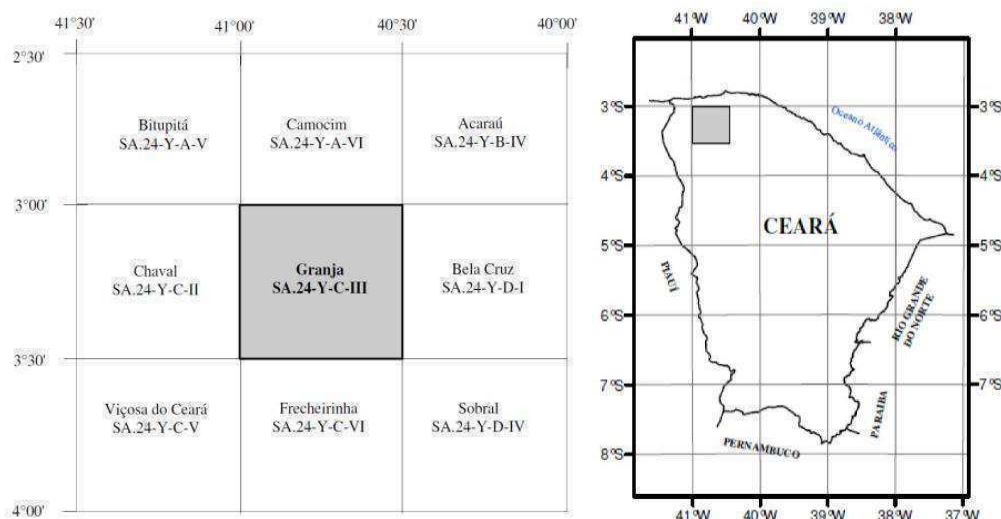


Figura 1 – Articulação das cartas topográficas de base com o realce em Granja (SA.24-Y-C-III); Projecção Universal Transversa de Mercator - UTM, Zona 24 Hemisfério Sul | Origem da quilometragem UTM: Equador e Meridiano Central 39°W Greenwich acrescidas as constantes 10000 Km e 500 Km respectivamente | *Datum* Horizontal Córrego Alegre 1970 + 1972.

As cartas topográficas publicadas que abrangem o Complexo de Granja estão relacionadas ao *Datum* Córrego Alegre 1970 + 1972 (CA70-72), com o ponto de fixação de coordenadas 19° 50' 14.91" S, 48° 57' 41.98" W e altitude ortométrica de 683.81 metros (Estado de Minas Gerais) sendo o seu posicionamento e orientação determinados astronomicamente e onde o Elipsóide Internacional de



*Hayford* de 1924 serviu de superfície de referência. Este sistema apresenta actualmente grande importância no Brasil devido aos inúmeros produtos cartográficos ainda relacionados ao mesmo (Tierra et al., 2008). O *Datum* Vertical refere-se ao ponto Imbituba no Estado de Santa Catarina.

A manutenção de sistemas antigos, para além da confusão introduzida, acarreta potenciais introduções de erros significativos nas conversões de coordenadas (Gonçalves, 2008). Como os sistemas de coordenadas contidos na cartografia topográfica que servem de base à cartografia geológica não podem ser negligenciados, verifica-se a necessidade de otimizar metodologias de posicionamento para posterior georreferenciação em Sistemas de Informação de Geográfica (SIG). Para esse efeito pretendeu-se avaliar se as diferenças nas coordenadas nos diferentes sistemas (CA70-72, WGS84 e SIRGAS2000) são significativas.

## METODOLOGIAS DE ANÁLISE

Inicialmente foram estudadas as principais características respeitantes à Projecção Cartográfica, Elipsóide de Referência, *Datum*, Escala etc. e verificaram-se as coordenadas geodésicas dos vértices de 3 cartas base (Granja, Camocim e Chaval). Posteriormente, a partir da ferramenta PROJ (PROJ.4 *Cartographic Projections library*), procedeu-se ao cálculo das coordenadas cartesianas UTM (E - *false easting*, N - *false northing*) dos vértices das cartas base supramencionadas com o código: *proj +ellps=intl +proj=utm +zone=24 +south*. A partir dos mesmos vértices foram calculadas as coordenadas geodésicas em WGS84 aplicando a respectiva transformação de *Datum* recorrendo à aplicação *cs2cs* (*Cartographic Coordinate System Filter*) com o código: *cs2cs +init=epsg:4225 +to +init=epsg:4326*. Incluso na biblioteca PROJ.4, a aplicação *cs2cs* realiza transformações entre um sistema cartográfico fonte e um sistema cartográfico de destino a partir de um conjunto de pontos de entrada que associam códigos numéricos aos parâmetros dos Sistemas de Coordenadas (identificadores EPSG - *European Petroleum Survey Group*). Estas últimas foram de seguida transformadas em cartesianas UTM (E, N) no PROJ (*proj +ellps=WGS84 +proj=utm +zone=24 +south*). Procedeu-se também à transformação de coordenadas projectadas no *Datum* CA70-72 para o recomendado *Datum* SIRGAS2000 a partir do *software* ProGrid, desenvolvido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), e que permitiu transformar directamente as coordenadas obtidas no PROJ para o *Datum* SIRGAS2000. Foram construídas e analisadas tabelas com a informação dos diferentes valores de coordenadas UTM (E, N) para os diferentes Sistemas de Referência.

Num ambiente SIG, procedeu-se à georreferenciação das cartas fazendo uso dos valores SIRGAS2000 nos vértices e avaliou-se este processo considerando a escala e erro analógico confrontando com as recomendações do Serviço Geológico do Brasil relativamente aos erros de geoposicionamento através do uso de dispositivos de GPS de valor absoluto (aproximadamente 10 metros).

## RESULTADOS

O tratamento estatístico univariado (média e desvio padrão) revelou que as diferenças entre os valores das coordenadas obtidas para os *Data CA70-72*, *WGS84* e *SIRGAS2000* são pouco significativas para as necessidades de cartografia geológica à escala de 1:100.000 a 1:250.000 (desvio padrão com 2 metros de *false easting* e 4 metros de *false northing*). Os erros de aproximadamente 10 metros em planimetria que os dispositivos de *GPS* geralmente utilizados em campanhas de cartografia geológica apresentam, não colocam em causa ou promovem grandes discrepâncias na compartimentação das principais unidades geológicas e estruturais. Se maior detalhe for necessário, superior precaução é exigida nas condições de obtenção das coordenadas (e.g. maior tempo de aquisição, correcções atmosféricas, posicionamento diferencial, etc.).

Considerando a escala de 1:100.000 e o erro de graficismo de 0.2 mm, o processo de georreferenciação pode ser avaliado pelo cálculo da distância em metros que este erro representa na carta. A multiplicação de 0.02 cm por 100000 cm origina uma distância de 2000 cm, ou seja, 20 metros que perfazem o erro de graficismo. Avaliando os erros *RMS* (valor quadrático médio ou valor eficaz), gerados a partir da introdução dos valores *SIRGAS2000* nos vértices das cartas, é possível afirmar que estes são válidos para efeitos de georreferenciação a esta escala (Granja - 7.65 metros; Camocim - 16.40 metros e; Chaval - 18.78 metros).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Salienta-se a extrema importância de um planeamento prévio desta natureza procurando conhecer em pormenor a base cartográfica associada à região em estudo. É seriamente conveniente avaliar se os métodos de geoposicionamento condicionam ou não a qualidade das observações e de que forma poderão comprometer o processamento adequado dos dados (sem propagação de erros).

Como última nota, afirma-se que as diferenças e os erros associados à aquisição de coordenadas num dos *Data* globais nesta região são mínimos considerando o campo de acção.

## AGRADECIMENTOS

O autor A. J. F. Silva agradece à Fundação para Ciência e Tecnologia a Bolsa de Investigação concedida (SFRH/BD/85292/2012) e às unidades de Investigação GeoBioTec (PEst-C/CTE/UI4035/2011) e Centro de Investigação em Ciências Geo-Espaciais (PEst-OE/CTE/UI0190/2011).

## Bibliografia

- GONÇALVES, J. (2008) – Adopção de Sistemas de Referenciação Geográfica Globais. *Proceedings da conferência ESIG*, Lisboa;
- MAROTTA, G. S. e RODRIGUES, D. D. (2011) – Atualização de Parâmetros na Transformação em Referenciais Geodésicos Históricos. *Revista Brasileira de Cartografia*, vol. 63/5: 609-617;
- TIERRA, A., DALAZOANA, R. e DE FREITAS. (2008) – Using an artificial neural network to improve the transformation of coordinates between classical geodetic reference frames. *Computers and Geosciences*, vol. 34:181-189.

## ***Tecnologias de informação geográfica para a quantificação de variáveis morfológicas em praias encastradas***

*Geographic information technologies for quantification of morphological variables in pocket beaches*

J. Horta<sup>1\*</sup>, S. Gabriel<sup>1</sup>, D. Moura<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade do Algarve, Centro de Investigação Marinha e Ambiental (CIMA), 8005-139 Faro, Portugal

\* jphorta@ualg.pt

**Resumo:** A medição e avaliação da resposta morfológica de uma praia a diferentes condições de onda têm sido objeto de vários estudos ao longo dos últimos anos. Este trabalho apresenta e discute uma metodologia para calcular as variações ocorridas em praias encastradas após medições morfológicas realizadas através de levantamentos topográficos. A caixa de ferramentas SIG (Sistemas de Informação Geográfica) MAPBeach - ferramentas de SIG para análise morfológica em praias encastradas - foi desenvolvida para simplificar a análise morfológica das praias encastradas. A metodologia foi aplicada e testada em duas praias (Galé e Olhos de Água, Algarve) com exposição diferente à agitação predominante. As ferramentas desenvolvidas provaram ser de fácil operação, o que para além de contribuir para o conhecimento da morfodinâmica destes sistemas é também útil na gestão das zonas costeiras.

**Palavras-chave:** Morfologia, morfometria, processamento SIG, modelação de superfícies

**Abstract:** The measurement and evaluation of the morphological response of a beach to changes on wave conditions has been the subject of several studies over the past years. This paper presents and discusses a methodology to compute variations in pocket beaches after morphological monitoring performed through topographical surveys. The GIS toolbox MAPBeach – GIS tools for Morphological Analysis at Pocket Beaches – was developed to simplify the morphological analysis of pocket beaches. The methodology was applied and tested in two beaches (Galé and Olhos de Água, Algarve) with different exposition to the predominant waves approaching the coast. The developed tools proved to be robust and easy to operate, facilitating the morphodynamic understanding of those coastal systems and being a useful tool on coastal management.

**Key-words:** Morphology, morphometry, GIS processing, surfaces modeling

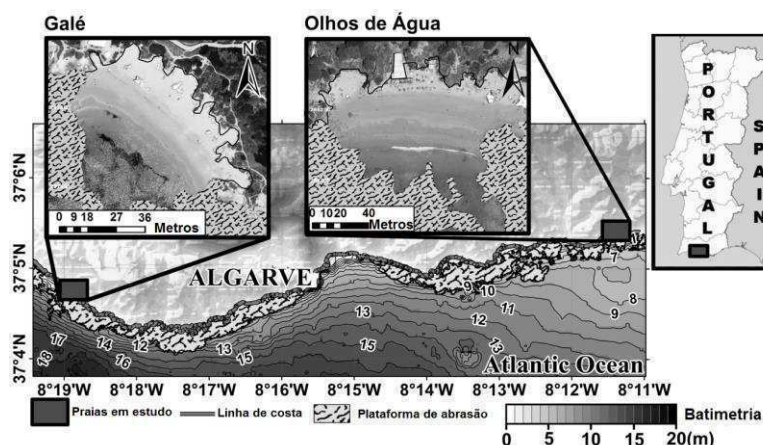
### **INTRODUÇÃO**

As variações na configuração das ondas na aproximação à costa, determinadas pelas condições ao largo, batimetria e orientação da linha de costa são decisivas na quantidade de energia transferida para as praias e na quantidade de sedimentos trocados entre as células litorais adjacentes (deriva longilitoral). Estas variações de energia e sedimentos resultam em mudanças morfológicas das praias, em diversas escalas de tempo, que são particularmente acentuadas nas praias encastradas. A deriva litoral é fortemente restringida por cabos e, como consequência, a acumulação e erosão sedimentar que ocorrem entre dois esporões naturais consecutivos podem provocar a rotação das praias que por vezes acontece numa escala diária. O conhecimento da dinâmica sedimentar é a principal preocupação para todos os interessados na utilização e gestão das zonas costeiras (Cooper

e Pontee, 2006; Cappucci et al., 2011; Marchand et al., 2011). O interesse do conhecimento na dinâmica de praias encastradas tem sido evidenciado, por autores como Masselink e Pattiaratchi (2001), Soomere et al. (2008) e Dehouck et al. (2009). Estas praias sofrem intermitentemente erosão, resultando na perda ocasional de área de lazer, quedas de blocos das arribas que limitam as praias no lado do continente e danos em edifícios existentes na orla marítima (por exemplo, bares, casas). Trabalhos anteriores mostraram que as arribas da costa algarvia recuam muito rapidamente e estão classificadas como tendo alta ou muito alta suscetibilidade à erosão (Marques, 1997; Nunes et al., 2009; Bezerra et al., 2011). Assim, a compreensão da morfodinâmica das praias que servem como dissipadoras da energia das ondas antes que atinjam a base das arribas, é de particular interesse. Para entender melhor as transformações no ambiente costeiro é importante caracterizar de forma fácil e eficiente a morfologia, a fim de associá-la mais tarde com a hidrodinâmica forçadora dessas alterações. Este trabalho tem como objetivo apresentar uma caixa de ferramentas inserida num SIG (Sistema de Informação Geográfica) denominada MAPBeach. O foco principal das ferramentas tem por base a morfometria aplicada à dinâmica costeira, que permite o estudo de superfícies de praia e morfologias associadas, obtidas a partir de modelos digitais de terreno. A ferramenta MAPBeach foi aplicada e testada em duas praias do litoral sul de Portugal com diferente exposição às ondas.

### **CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

As praias alvo de estudo estão ancoradas em arribas rochosas que expõem a formação carbonatada de Lagos-Portimão. A linha de costa é extremamente crenulada, pelo que todos os processos morfodinâmicos têm forte controle morfológico (Figura 1). As duas praias encastradas selecionadas e analisadas neste estudo encontram-se distanciadas de 15 km (Praia da Galé e Praia de Olhos de Água - Algarve) (Figura 1). A praia da Galé, com cerca de 100 m paralelamente à linha de costa, está completamente cercada por arribas e plataformas de abrasão (Figura 1). Neste local, a linha de costa tem uma orientação média de 127 °, quase normal à direção predominante das ondas de WSW sendo por isso bem exposta às condições de onda mais energéticas (Costa et al., 2001) e mais protegida de ondas provenientes de E-SE. A praia de Olhos de Água, com cerca de 150 m paralelamente à linha de costa e um raio de curvatura maior que a praia da Galé, tem uma direção média de 77 °, o que a torna mais exposta às ondas de E-SE e mais protegida das ondas W-SW.



**Figura 1:** Localização das praias em estudo.

## METODOLOGIA

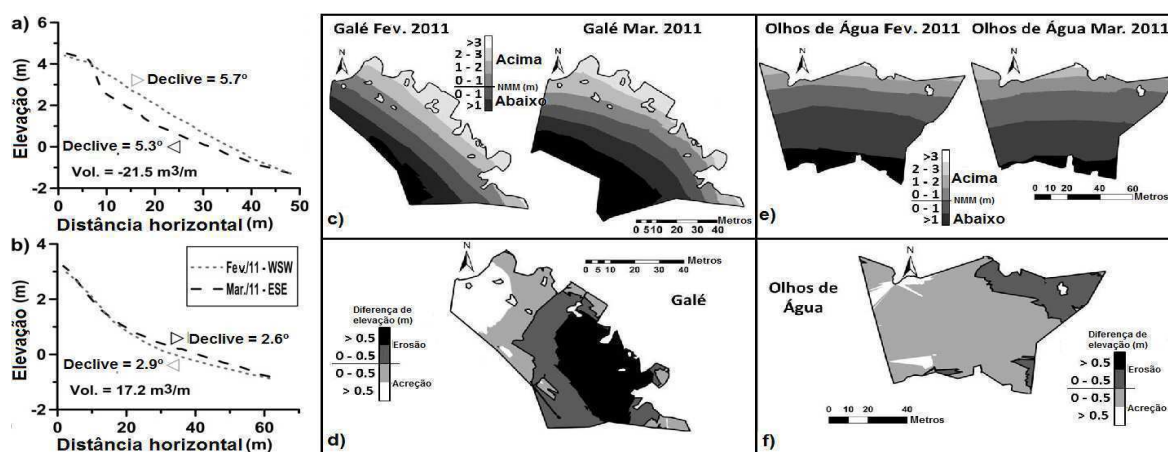
Foram realizados levantamentos topográficos com o recurso a equipamentos GNSS (Global Navigation Satellite System) no modo cinemático em tempo real (RTK) com sistema de posicionamento global diferencial (DGPS), em dois meses diferentes durante as marés baixas de primavera. Os primeiros levantamentos foram realizados em fevereiro de 2011, e através dos dados registados pela boia do Instituto Hidrográfico situada ao largo de Faro, existiram condições de agitação moderadas de W -SW quando a altura significativa de vaga (HS) foi de cerca de 1,4 m. Os últimos levantamentos foram realizados em março de 2011 coincidindo com o início de um evento de E-SE mais enérgico (HS = 2 m). A caixa de ferramentas SIG desenvolvidas requer informação sobre a topografia da praia como dados de entrada e executa dois tipos de análises geomorfométricas. A superfície é criada para cada levantamento e é a entrada principal para a análise geomorfométrica que visa extrair os parâmetros e objetos. Neste trabalho, a análise morfométrica está implementada em quatro etapas principais: a) compilação vetorial de pontos; b) criação de uma malha irregular triangulada; c) conversão para superfície raster; e d) extração de objetos de superfície. A ferramenta foi compilada no programa ModelBuilder que é uma aplicação comercial criado pela ESRI e está incluída no pacote de software ArcGIS. A primeira das duas ferramentas foi denominada BeachProfile e é usada para caracterizar os perfis de praia através da extração de pontos e linhas. A segunda ferramenta, designada MultiBeach, permite a extração de parâmetros para distinguir alterações morfológicas da praia a partir de dados raster com variações altimétricas e tabelas que mostram variações no balanço sedimentar.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos com a ferramenta BeachProfile as principais modificações ocorridas entre os dois meses, no perfil de praia foram mais acentuadas na Galé, quando comparado com Olhos de Água. No primeiro Mês a Galé mostrou ao longo da face de praia um perfil com declive constante, tendo-se alterado para um perfil côncavo com uma berma em março (Figura 2a). Nos

Olhos de Água o valor da declive da praia média determinada ao longo do perfil central baixou ligeiramente (Figura 2b). A diferença mais notável entre os locais estudados foi na mudança de volume de praia, que tinha sinais opostos. Foram registados processos erosivos na Galé dominados por ondas de E- SE com  $21,5 \text{ m}^3/\text{m}$  de areia perdida. Por outro lado, em Olhos de Água ocorreu um processo de acreção com magnitude semelhante (Figura 2a e 2b).

A ferramenta MultiBeach revelou que a praia da Galé apresenta um maior raio de curvatura em fevereiro do que em março, associado a uma transferência de sedimentos de SE para NW (Figura 2c). As variações topográficas excedem 0,5 m na maioria da área de estudo (Figura 2d), apresentando uma variação positiva (acreção) na parte NW da praia e valores negativos (erosão) na parte SE. Nos Olhos de Água as linhas de contorno também mostram rotação, embora não tão acentuada (Figura 2e e 2f). Os resultados obtidos para os saldos volumétricos de cada praia apresentaram comportamento inverso. Na Galé o balanço sedimentar mostrou-se baixo e negativo ( $-53,9 \text{ m}^3$ ), enquanto em Olhos de Água foi alto e positivo ( $1115,4 \text{ m}^3$ ).



**Figura 2:** Resultados da aplicação das ferramentas. a) Resultados BeachProfile na Praia da Galé; b) Resultados BeachProfile na Praia dos Olhos de Água; c) Modelos digitais do terreno obtidos na ferramenta MultiBeach para a Praia da Galé; d) Evolução altimétrica obtida pela ferramenta MultiBeach para a Praia da Galé; e) Modelos digitais do terreno obtidos na ferramenta MultiBeach para a Praia dos Olhos de Água e f) d) Evolução altimétrica obtida pela ferramenta MultiBeach para a Praia dos Olhos de Água.

## CONCLUSÃO

A caixa de ferramentas MAPBeach ao estar integrada num programa de SIG, permite a visualização e tratamento de dados de modo fácil e rápido. As ferramentas desenvolvidas permitem um processo de revisão rápido e tornaram mais fácil a análise da morfologia de praias para utilizadores com uma formação básica em ArcGIS. Os testes realizados com a ferramenta MAPBeach não foram projetados para entender o comportamento das praias selecionadas, mas, principalmente, para avaliar o desempenho da ferramenta quando considerados vários ângulos de aproximação das ondas à linha de costa. A ferramenta revelou ter grande potencial para ajudar a comunidade científica e de gestão

costeira na caracterização e compreensão de morfologias de praias, com particular incidência nas praias encastradas.

### Agradecimentos

Este trabalho foi apoiado pelo projeto EROS - Erosão dos Costas rochosas - diferenças na proteção promovida por praias de areia e plataformas em terra, financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) (PTDC/CTE-GIX/111230/2009) e pelo projeto MOSES – Areias em movimento - estado de equilíbrio de costas crenuladas (PTDC/GEO-GEO/3981/2012) financiado pela FCT.

### Bibliografia

- Bezerra, M.M., Moura, D., Ferreira, Ó. e Taborda, R., 2011. Influence of Wave Action and Lithology on Sea Cliff Mass Movements in Central Algarve Coast, Portugal. *Journal of Coastal Research*, 27(6), 162–171.
- Cappucci, S., Scarcella, D., Rossi, L. e Taramelli, A. 2011. Integrated coastal zone management at Marina di Carrara Harbor: sediment management and policy making. *Ocean & Coastal Management*, 54(4), 277–289.
- Cooper, N.J. e Pontee, N.I., 2006. Appraisal and evolution of the littoral “sediment cell” concept in applied coastal management: Experiences from England and Wales. *Ocean & Coastal Management*, 49(7-8), 498–510.
- Costa, M., Silva, R. e Vitorino, J., 2001. Contribuição para o estudo do clima de agitação marítima na costa portuguesa. 2as Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária. PIANC. In CD-ROM, 20pp.
- Dehouck, A., Dupuis, H. e Sénéchal, N., 2009. Pocket beach hydrodynamics: The example of four macrotidal beaches, Brittany, France. *Marine Geology*, 266(1-4), pp.1-17.
- Marchand, M., Sanchez-Arcilla, A., Ferreira, M., Gault, J., Jiménez, J.A., Markovic, M. e Mulder, J., 2011. Concepts and science for coastal erosion management – An introduction to the Conscience framework. *Ocean & Coastal Management*, 54(12), 859–866.
- Marques, F.M.S.F., 1997. As Arribas do Litoral do Algarve: Dinâmica, Processos e Mecanismos. Lisboa, Portugal: Universidade de Lisboa, PhD thesis, 549p
- Masselink, G. e Pattiaratchi, C.B., 2001. Seasonal changes in beach morphology along the sheltered coastline of Perth, Western Australia. *Marine Geology*, 172(3-4), 243–263.
- Nunes, M., Ferreira, Ó., Schaefer, M., Clifton, J., Baily, B., Moura, D. e Loureiro, C., 2009. Hazard assessment in rock cliffs at Central Algarve (Portugal): A tool for coastal management. *Ocean & Coastal Management*, 52(10), 506–515.
- Soomere, T., Kask, A., Kask, J., e Healy, T., 2008. Modelling of wave climate and sediment transport patterns at a tideless embayed beach, Pirita Beach, Estonia. *Journal of Marine Systems*, 74, S133–S146. doi:10.1016/j.jmarsys.2008.03.024

## ***Estudo de Caso sobre Aplicação de FRX Portátil no Controle de Qualidade de Minério de Ferro do Brasil***

*Case Study on Application of a Portable XRF in Grade Control of Iron Ore from Brazil*

E. Corrêa Urbano<sup>1\*</sup>, M. E. Preto Gomes<sup>2</sup>, P. Brandão<sup>3</sup>

<sup>1</sup> UTAD, Departamento de Geologia, Centro de Geociências, 5001-801 Vila Real, Portugal

<sup>2</sup> UTAD, Departamento de Geologia, Centro de Geociências, 5001-801 Vila Real, Portugal

<sup>3</sup> UFMG, Departamento de Engenharia de Minas, Escola de Engenharia, Belo Horizonte, Brasil

\* emilioevourbano@gmail.com

**Resumo:** Analisadores químicos portáteis são espectrômetros de fluorescência de raios-X de dispersão de energia (X-ray fluorescence - energy dispersive spectrometry, XRF-EDS) para analisar amostras de rocha, solo e outros materiais. Cerca de 30 elementos podem ser identificados em poucos minutos em concentrações acima de 5 ppm. As aplicações deste equipamento podem ser diversas como, por exemplo, na prospecção mineral, identificação de contaminação de solos e controle de qualidade na lavra de minérios. Neste trabalho foram comparados os resultados do analisador portátil com as análises realizadas em laboratório por espectrômetro de fluorescência de raios-X por dispersão de comprimento de onda (X-ray fluorescence - wavelength dispersive spectrometry, XRF-WDS) de 20 amostras de minério de ferro de uma mina do Brasil. Assim foi possível avaliar a exatidão das análises do equipamento portátil para este tipo de minério.

**Palavras-chave:** Analisador químico portátil, prospecção mineral, controle de qualidade de minério de ferro, fluorescência de raios-X.

**Abstract:** Portable chemical analyzers are energy-dispersive x-ray fluorescence spectrometers (XRF-EDS). These instruments are used to analyse samples such as rocks and soils. A range of up to 30 elements can be identified simultaneously in just a few minutes with concentrations higher than 5 ppm. The use of this equipment can be varied, such as, mineral prospecting, identification of soil contamination and for grade control of mineral exploration. In this experiment, a comparison is made between the results of the portable chemical analyzer and the equivalent analysis performed by wavelength-dispersive X-ray fluorescence spectrometer (XRF-WDS) in a lab. For this experiment, 20 iron ore samples from a mine in Brazil were used. Therefore, the accuracy of the portable analyzer was evaluated for this kind of ore.

**Key-words:** Portable chemical analyzer, mineral prospecting, grade control for iron ore, x-ray fluorescence.

### **INTRODUÇÃO**

A técnica de XRF permite a identificação da composição química de uma amostra através da detecção dos raios-X característicos dos seus elementos. Essas oscilações podem ser separadas pela sua comprimento de onda ou pelo seu nível de energia. Assim a espectrometria por dispersão de energia (*energy-dispersive spectrometry*, EDS) classifica os raios-X característicos pelo seu nível energético e a espectrometria por comprimentos de onda (*wavelength-dispersive spectrometry*, WDS) classifica-os pelo seu comprimento de onda. Devido aos avanços tecnológicos das últimas



décadas e a ausência de partes móveis, os equipamentos de XRF-EDS portátil foram desenvolvidos utilizando a técnica de EDS (Glanzmann et al, 2007).

A utilização de equipamentos de XRF portáteis pode ser muito útil devido a possibilidade de se realizarem análises químicas de forma praticamente instantânea. O uso desses equipamentos portáteis não visa substituir as análises realizadas em laboratórios, mas sim complementá-las através, por exemplo, da definição de quais amostras devem ser enviadas aos laboratórios. Isso pode significar um melhor aproveitamento dos recursos financeiros durante uma etapa de prospecção geoquímica uma vez que as amostras passarão por uma avaliação prévia antes de serem enviadas ao laboratório. Outra vantagem no uso desse equipamento é a sua aplicação no controle de qualidade na lavra de minérios aonde é difícil a identificação a olho nu dos minerais, bem como a avaliação do teor dos elementos químicos.

## **METODOLOGIA**

As amostras utilizadas neste trabalho são provenientes das minas Mar Azul e Capão Xavier, localizadas no Quadrilátero Ferrífero, QF, (Dorr et al, 1969), Minas Gerais, Brasil. O minério de ferro desta região é extraído principalmente de itabiritos, nome regional dado às *Banded Iron Formation* (BIFs) que passaram pelo processo de deformação e metamorfismos na fácies xisto verde, o que causou a destruição das estruturas sedimentares originais (Rosiere & Chemale, 2000). Os principais depósitos de minério de ferro do QF são marcados por processos de enriquecimento supergénico e hipogénico. O enriquecimento supergénico ocorre através da lixiviação de minerais de ganga, como o quartzo e carbonatos, e a reprecipitação do ferro na forma de goetite e hematite (Ribeiro, 2003). O enriquecimento hipogénico está associado ao processo de percolação de fluidos hidrotermais através de zonas de falha e fraturas, o que causa a lixiviação e precipitação de novos minerais (Rosière et al, 2008; Spier et al, 2008).

As amostras utilizadas neste experimento são alíquotas retiradas de amostras utilizadas para o modelamento geológico e controle de qualidade da mina. Antes de analisadas, as amostras usadas no controle de qualidade da mina passaram por um britador de mandíbulas e então foram analisadas no laboratório da própria empresa mineira por XRF-WDS com condições de análise totalmente quantitativas, obtidas em pastilhas fundidas. É válido citar que esse laboratório utiliza de curvas de calibração construídas com padrões internacionais certificados para garantir uma boa acurácia das análises. Ao fim desse processo, as análises de laboratório passaram por uma validação através da comparação dos resultados químicos com a descrição geológica das amostras. Assim foi criado um banco de dados com 20 amostras de composição química conhecida. Cada uma destas amostras possuía cerca de 100 gramas e foram moídas abaixo de 1mm. A decisão de moer as amostras abaixo de 1mm foi feita com o objetivo de estabelecer um padrão em comum de tamanho máximo de partículas, distribuição granulométrica e homogeneidade para as amostras a serem testadas. Porém

não foi avaliado de que forma a moagem das amostras abaixo de outros tamanhos poderia influenciar o resultado das análises de XRF-EDS portátil.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para avaliar a acurácia das análises de Fe por XRF-EDS portátil, as 20 amostras foram analisadas na configuração padrão e depois os resultados foram comparados com as análises laboratoriais de XRF-WDS. Através desta comparação foi possível calcular fatores de calibração através do cálculo da reta de tendências (Figura 1). A XRF-EDS portátil realiza análises elementares, porém os dados podem ser fornecidos na forma de óxidos. Neste estudo o Fe foi tratado na forma elementar.

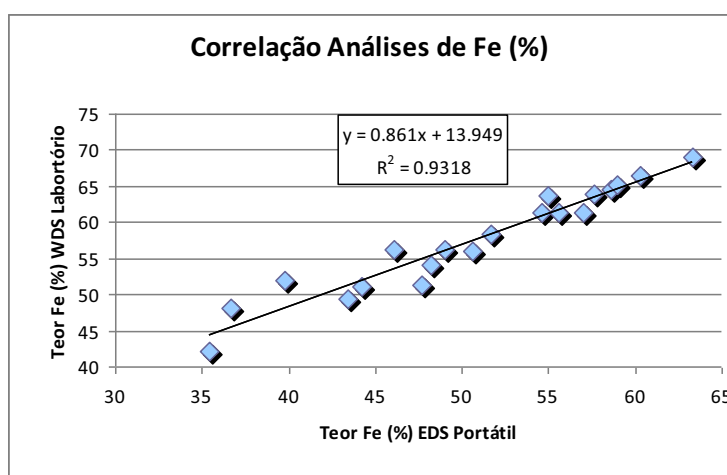


Figura 1 - Gráfico comparativo das análises químicas de Fe obtidas por XRF-WDS laboratorial e XRF-EDS portátil.

Em seguida o fator de calibração foi inserido na XRF-EDS portátil e as amostras foram reanalisadas. A tabela 1 compara a média do erro das análises sem fator de calibração (SFC) com a média do erro das análises com fator de calibração (CFC) e apresenta a variação relativa entre as médias.

Tabela 1 - Comparação da média do erro das análises sem (SFC) e com fatores de correlação (CFC).

	ERRO RELATIVO		
	Fe		
	SFC	CFC	Variação (%)
Média	-11,99	0,62	94,85

Nas análises sem fator de calibração observou-se que em geral o Fe foi subestimado. Após a aplicação do fator de calibração as análises passaram a subestimar ou superestimar o Fe de forma equilibrada (Figura 2).

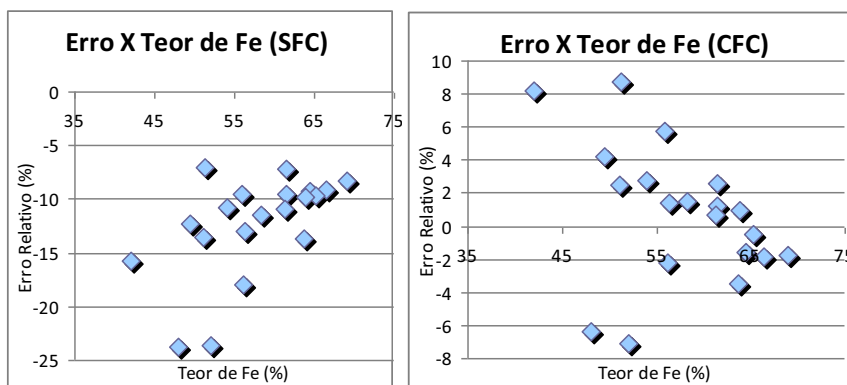


Figura 2: Gráficos comparando o teor do elemento e o erro das análises sem (esquerda) e com os fatores de calibração (direita).

Observa-se ainda pelos gráficos da figura 3 que, quanto menor o teor do elemento analisado, maior é o erro associado. Isso mostra que os fatores de correlação aplicados causaram uma melhoria na acurácia das análises de amostras com concentrações mais elevadas. Assim foi criado um gráfico com o erro das análises de Fe organizado na ordem crescente para observar a variação em função da concentração (Figura 3).

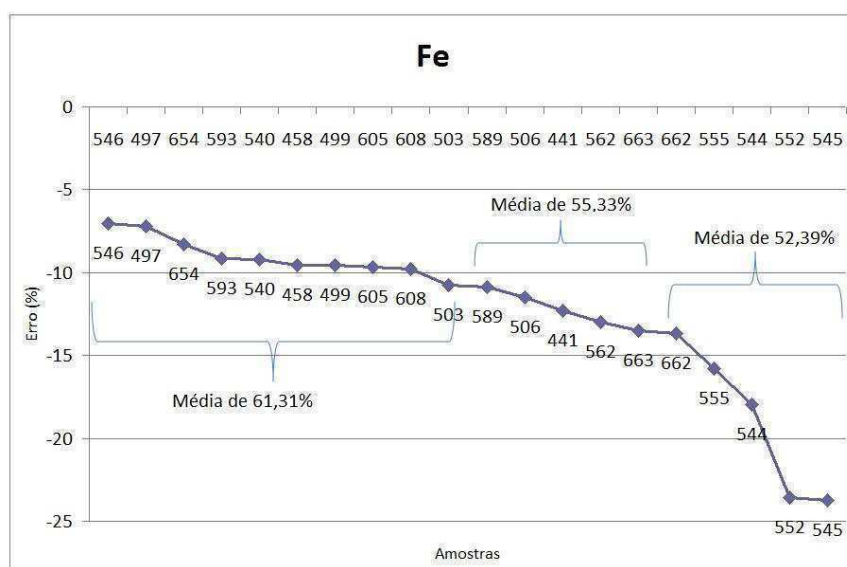


Figura 3: Erro das análises de Fe em ordem crescente e média do teor das amostras correspondentes.

## CONCLUSÕES

Do ponto de vista qualitativo e semiquantitativo, as análises de XRF-EDS portátil são considerados satisfatórias. Para julgar a aplicação desse equipamento deve-se levar em consideração as suas vantagens como a portabilidade, o curto tempo usado na realização das análises, a pouca preparação dedicada às amostras, a ampla variedade de elementos que podem ser identificados e o fato das análises terem sido realizadas sem padrões de calibração. Para efeito de comparação, nas análises de XRF-WDS, as amostras foram transformadas em pastilhas e submetidas ao processo de fusão. Além

disso, nas análises por XRF-WDS foram usadas curvas de calibração construídas com auxílio de padrões de boa qualidade para reduzir o erro nas análises quantitativas.

Já do ponto de vista quantitativo, as análises apresentaram algumas restrições, necessárias de serem levadas em conta, no momento da tomada de decisões com base nesses dados. Os fatores de correlação usados na XRF-EDS portátil foram úteis para melhorar a acurácia das análises, porém, ainda assim, é necessário melhorá-la em faixas de concentração menores dos elementos de interesse.

**Agradecimentos:**

À empresa Vale S.A. por ter cedido as amostras para a realização do trabalho.

**Bibliografia**

- DORR, J. V. N. II. (1969). Physiographic, Stratigraphic and Structural Development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. U.S. Geol. Surv. Professional Paper 641 – A U.S. Geological Survey, pp. 1 – 110.p.
- GLANZMAN, R. K.; CLOSS, L. G. (2007). Field Portable X-Ray Fluorescence Geochemical Analysis - Its Contribution to Onsite Real-time Project Evaluation. Proceedings of Exploration 07: Fifth Decennial International Conference on Mineral Exploration: 291 - 301.
- RIBEIRO, D. T. (2003). Enriquecimento Supergênico de Formações Ferríferas Bandadas: Estruturas de Colapso e Desordem. 2003. 123 p. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências - UFRJ.
- ROSIÈRE, C. A.; SPIER, C. A.; RIOS, F. J.; SUCKAU, V. E. (2008). The Itabirites of the Quadrilátero Ferrífero and Related High-Grade Iron Ore Deposits: An Overview. Society of Economic Geologists 15: 223 - 254.
- ROSIÈRE, C. A.; CHEMALE JR, F. (2000). Itabiritos e Minérios de Ferro de Alto Teor do Quadrilátero Ferrífero – Uma Visão Geral e Discussão. Revista Geonomos 8 (2): 27 - 43.
- SPIER, C. A.; OLIVEIRA, S. M. B.; ROSIÈRE, C. A.; ARDISSON, J. D. (2008). Mineralogy and Trace-Element Geochemistry of the High-Grade Iron Ores of the Águas Claras Mine and Comparison with the Capão Xavier and Tamanduá iron ore deposits, Quadrilátero Ferrífero, Brazil. Mineralium Deposita 43: 229 - 254.

## ***Caracterização de terraços marinhos na zona costeira entre Cascais e o Cabo da Roca, com recurso principal a elementos cartográficos e de detecção remota. Implicações Neotectónicas.***

*Characterization of marine terraces in the coastal zone between Cascais and Cabo da Roca, with mapping elements and remote sensing as main resources. Neotectonic implications.*

D. Duarte<sup>1,a</sup>, K. Volochay<sup>1,b</sup>, R. Magalhães<sup>1,c</sup>, S. Amaro<sup>1,d</sup>, J. Cabral<sup>1,e</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Lisboa, Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências, Campo Grande, Lisboa

<sup>a</sup> dbr\_duarte@hotmail.com

<sup>b</sup> katernya.volochay@hotmail.com

<sup>c</sup> rita.magalhaes@outlook.com

<sup>d</sup> sandra.lourenco.amaro@gmail.com

<sup>e</sup> jcabral@fc.ul.pt

**Resumo:** Na região litoral de Cascais e Sintra a topografia indicia a presença de 4 níveis de terraços marinhos. Neste trabalho pretende-se identificar esses terraços, determinar as cotas dos respetivos rebordos internos (*inner edges*) e correlacioná-los com uma curva eustática global de modo a poder-se avaliar as taxas de levantamento (*uplift*) que caracterizam este litoral. Da análise dos dados e correlação com a curva eustática global obtêm-se taxas de levantamento de 0,11 mm.ano<sup>-1</sup>, no entanto com elevada incerteza devido à fraca precisão das determinações de cotas dos *inner edges* e à incerteza inerente à curva eustática utilizada. Este valor é compatível com taxas de levantamento previamente estimadas para o território continental português no Plio-Quaternário.

**Palavras-chave:** Terraços marinhos, curva eustática, taxas de levantamento, Cascais.

**Abstract:** In the coastal area of Cascais and Sintra the morphology indicates the presence of 4 levels of marine terraces. The aim of this work was to identify those terraces, determining the elevation of their inner edges and correlate it with a global eustatic curve in order to evaluate the uplift rates that characterize this region. From the data analysis and correlation with a eustatic global curve, an uplift rate of 0.11 mm/year was obtained, with uncertainty due to the poor characterization of the elevation of inner edges and the uncertainty inherent to the eustatic curve that was used. This value is coherent with uplift rates previously estimated for the Portuguese mainland in the Plio-Quaternary.

**Key-words:** Marine terraces, eustatic sea level, uplift rates, Cascais.

### **INTRODUÇÃO**

Na área costeira entre Cascais e o Cabo da Roca (distrito de Lisboa, Portugal) observam-se indícios da presença de terraços marinhos escalonados a diferentes altitudes. Como tal, o objectivo deste trabalho, desenvolvido no âmbito da disciplina de Projeto do curso de Geologia da FCUL, foi a identificação e caracterização desses terraços com base na análise de características geomorfológicas e sedimentares indicadoras de antigas linhas de costa e plataformas de abrasão marinha nesta região.

Os critérios utilizados para a identificação dos vários terraços marinhos foram o reconhecimento de áreas aplanadas, de fraco declive, compreendidas entre zonas com incremento significativo de declive, corroborado pela presença de sedimentos marinhos costeiros. Esta metodologia baseou-se na análise morfológica sobre mapas topográficos e imagens de detecção remota (Google Earth e fotografia aérea), e em trabalho de campo, recorrendo-se também a ferramentas SIG para aquela análise (nomeadamente a execução de perfis topográficos).

## IDENTIFICAÇÃO DE TERRAÇOS MARINHOS

Devido ao contraste da morfologia da área em estudo, dividiu-se esta em duas partes: Norte da Praia do Guincho, onde o relevo é mais acentuado, e Sul desta, com relevo mais aplanado e menos elevado. Assim, na parte Norte foram identificados nove elementos morfológicos que podem corresponder a quatro terraços marinhos, e na parte Sul identificaram-se apenas três elementos formando possivelmente dois terraços.

O terraço mais antigo e a cotas mais elevadas (T1, ver Fig. 1) inclui duas áreas aplanadas, com rebordo interno à cota de  $40\pm 3$  m e apenas é observado a Norte da praia do Guincho. A sua identificação baseou-se no aumento de gradiente do declive. Esta variação é evidente nos perfis topográficos realizados e é corroborada em campo por uma pequena área aplanada com aumento brusco de declive e a passagem de uma superfície rochosa para uma cobertura sedimentar, caracterizada por sedimentos marinhos costeiros.

Abaixo do T1 identificou-se um outro terraço (T2, ver Fig. 1) compreendendo três áreas observadas a Norte da praia do Guincho. Nestas áreas ocorre um nível espesso de coluviões sobrejacente a sedimentos marinhos costeiros grosseiros, típicos de praia. Este terraço apresenta o seu *inner edge* à cota aproximada de  $35\pm 3$  m, e em trabalhos anteriores foram recolhidas amostras de sedimentos para datação em quartzo recorrendo ao método de luminescência *OSL* (*Optically Stimulated Luminescence*). As amostras em quartzo encontram-se saturadas, tendo-se obtido apenas idades mínimas superiores a 100 ka (Comunicação pessoal de Martins e Cunha, 2010).

Ainda na parte Norte, mas um pouco mais a sul das áreas onde se identificou T2 reconheceu-se um outro elemento aplanado a menor altitude, com rebordo interno à cota de  $28\pm 3$  m, identificado como o terraço T3 (ver Fig. 1). É facilmente identificado tanto no terreno como em modelos tridimensionais de terreno, a Norte da praia do Guincho, através de uma vasta área aplanada com variação brusca de declive a este. No entanto há elevada incerteza no posicionamento do seu rebordo externo, devido ao facto de se perceber que existe um terraço mais recente, a cotas menores, mas cujo rebordo interno é muito difícil de determinar. A sul da Praia do Guincho o terraço T3 encontra-se largamente coberto por um complexo dunar e é em grande parte inacessível por corresponder a uma área protegida, pelo que o seu estudo foi realizado com muitas limitações. No

entanto, é possível observar-se uma ligeira variação de declive aos  $28\pm 3$  m, pelo que aqui se marcou o seu rebordo interno.

O terraço identificado a cotas mais baixas, designado T4 (ver Fig. 1), estende-se por toda a área em estudo, apresentando o rebordo interno à cota de  $20\pm 3$  m. Na parte Norte da área em estudo, como referido acima, o traçado do seu rebordo interno não é evidente, sendo os principais aspectos a favor da sua identificação a presença de sedimentos marinhos costeiros e um ligeiro rebaixamento visível no campo. Para auxiliar a sua identificação e delimitação recorreu-se à execução de perfis topográficos, onde se identificaram mudanças subtis de declive.

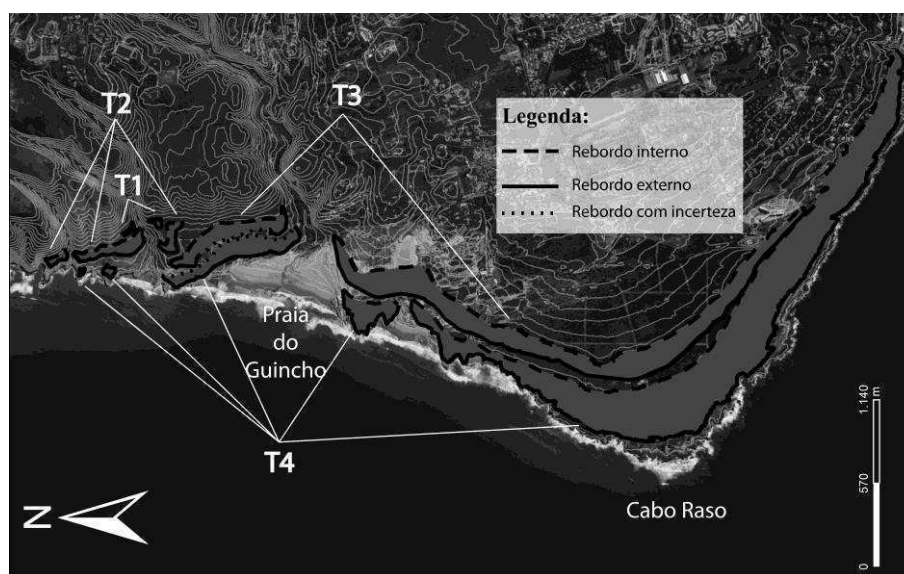


Figura 1: As áreas representam a localização dos terraços identificados entre o sul da Serra de Sintra e o Cabo Raso.

## CONCLUSÃO

Os terraços identificados são erosivos, não tendo sido detetados indícios de relevos construtivos (como estruturas biogénicas edificadas), verificando-se a presença indiscutível de superfícies erosivas, sobre as quais apenas se encontra uma cobertura dunar, na zona Sul, ou coluvionar sobrejacente a escassos testemunhos de sedimentos costeiros, na zona Norte. As plataformas que caracterizam cada terraço estão de um modo geral mal preservadas, uma vez que os terraços se encontram bastante erodidos, exceptuando-se a plataforma correspondente ao terraço T4, melhor conservada nas imediações do Cabo Raso.

Tendo-se determinado a cota dos rebordos internos de cada terraço, que representam grosseiramente os *inner edges*, estabeleceu-se uma correlação entre estes e os “estádios isotópicos marinhos” (*Marine Isotopic Stages – MIS*) de uma curva eustática global considerada representativa, utilizando-se a compilação de Siddall *et. al.* (2007, Fig. 2).

As plataformas formadas durante *lowstands* são submersas, pelo que os terraços identificados neste trabalho devem-se a períodos de *highstand*. O terraço T4, que se encontra a cotas mais baixas e se apresenta bem desenvolvido, é assumido com sendo o último máximo interglaciário, correspondendo possivelmente ao MIS 5e, estimando-se que o respectivo n.m.m estaria cerca de 6 m acima do actual (Siddall *et. al.*, 2007). Infere-se assim que o terraço T4 foi gerado a uma cota de +6m durante o MIS 5e, cujo pico foi aproximadamente há 120 ka, pelo que se calcula uma taxa de *uplift* para esta zona de aproximadamente  $0,11 \text{ mm.a}^{-1}$   $[(20-6)/120]$ . Com isto, toma-se a correlação entre o MIS 5e e o T4 como referência para os restantes terraços (mais antigos).

A datação obtida pelo método *OSL* no terraço marinho T2 indica que aquele terraço terá sido gerado num período *highstand* mais antigo que 100 ka. Visto assumir-se que MIS 5e se associa a T4, propõe-se que T2 deverá corresponder ao MIS 9.

Tendo em conta a incerteza associada às observações e a incerteza inerente aos dados a partir dos quais foi construída a curva eustática de Siddall *et. al* (2007), é razoável assumir-se uma taxa de *uplift* constante determinada pelas referências acima descritas. Assim, para a região do Guincho e Cascais assume-se uma taxa de *uplift* constante ao longo do tempo, de  $0,11 \text{ mm.a}^{-1}$  ( $0,11 \text{ m.ka}^{-1}$ ). Este valor é compatível com taxas de levantamento previamente estimadas para o território continental português no Plio-Quaternário (Cabral, 2012). Com esta consideração propõe-se que o T3 seja contemporâneo do MIS 7 ( $\pm 230 \text{ ka}$ ), T2 do MIS 9 ( $\pm 330 \text{ ka}$ ) e, por último, o T1 poderá ter sido formado durante MIS 11 ( $\pm 400 \text{ ka}$ ).

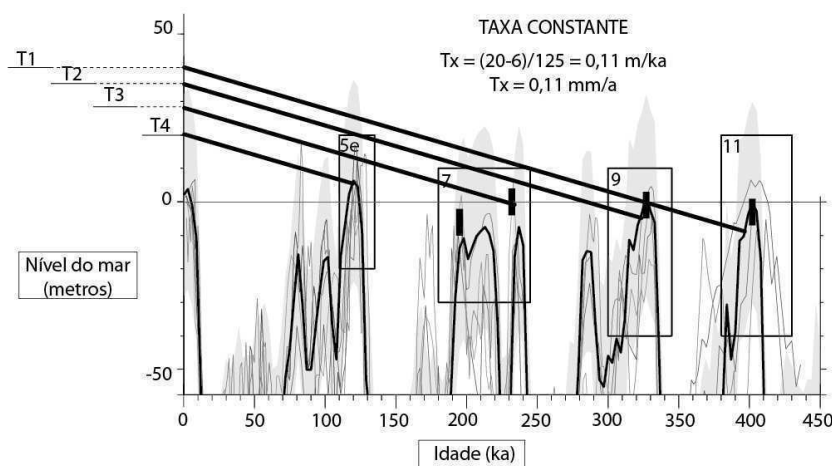


Figura 2: Correlação dos vários terraços com a curva eustática de Siddall *et al.* (2007).

## Bibliografia

- CABRAL, J. (2012). "Neotectonics of mainland Portugal: state of the art and future perspectives". *Journal of Iberian Geology* 38 (1): 71-84 [http://dx.doi.org/10.5209/rev\\_JIGE.2012.v38.n1.39206](http://dx.doi.org/10.5209/rev_JIGE.2012.v38.n1.39206)
- SIDDALL, M. , CHAPPELL, J., e POTTER, E. K. (2007). "Eustatic Sea Level During Past Interglacials." In *The Climate of Past Interglacials*, Sirocko F., Litt M., Claussen, M., Sanchez-Goni, F. (eds) Elsevier, Amsterdam. pp 75-92.



## ***Identificação e caracterização de unidades geológicas de idade Mesozóica com potencial para Shale-Gas em Portugal***

*Identification and characterization of Mesozoic geological units with potential for Shale-Gas in Portugal*

J. Ferreira<sup>1,a</sup>; V. Pereira<sup>1,b</sup>; N. Pimentel<sup>1,c</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Lisboa, Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências, Campo Grande, Lisboa

<sup>a)</sup> Joana.sacadura89@gmail.com

<sup>b)</sup> Vandomiguel@hotmail.com

<sup>c)</sup> npimentel@fc.ul.pt

**Resumo:** Este trabalho teve como principais objectivos a identificação e caracterização de unidades Mesozóicas com interesse para Shale-gas, feita a partir de trabalhos publicados, recolha de dados (TOC, R<sub>0</sub>%, Tmax, etc.) relativas a essas unidades e por fim, com base nesses dados, determinação do potencial para Shale-Gas em Portugal. Deste trabalho pode concluir-se que as unidades do Jurássico inferior com maior potencial para Shale-Gas encontram-se no sector Norte da Bacia Lusitânica, apresentando maior potencial que as unidades do Jurássico superior. O maior potencial das unidades do Jurássico superior encontra-se no sector central da Bacia Lusitânica, ainda que a grandes profundidades.

**Palavras Chave:** Shale-gas, Portugal, Mesozóico, Potencial petrolífero

**Abstract:** This work addresses the identification and characterization of Mesozoic units with characteristics for shale gas exploration in Portugal, based on data gathering (TOC, R<sub>0</sub>%, Tmax, etc.) from published works. From this report we conclude that the lower Jurassic units with highest potential are in the North sector of the Lusitanian Basin and the better Upper Jurassic units are in the Central sector of the Lusitanian Basin, but eventually too deep to explore.

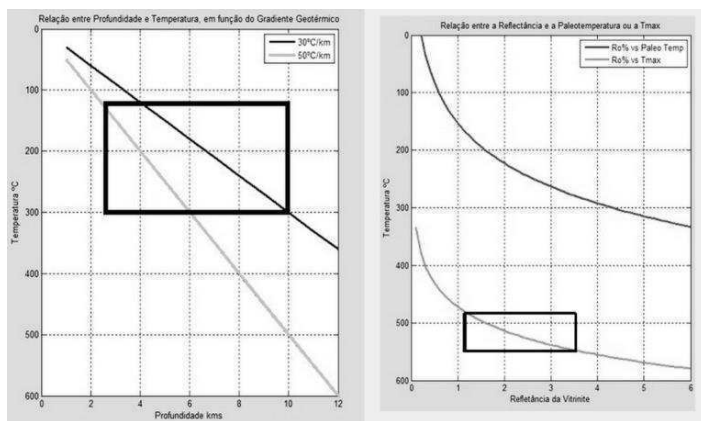
**Key Words:** Shale-gas, Portugal, Mesozoic, Hydrocarbon Potential

### **INTRODUÇÃO**

O shale-gas corresponde à acumulação de gás natural em camadas argilosas compactas, denominadas shales. O shale é uma rocha sedimentar de grão fino formada pela consolidação de partículas do tamanho das argilas e dos siltes que apresenta um comportamento “*brittle*”, ou seja, frágil. É uma rocha impermeável que pode possuir uma grande quantidade de matéria orgânica e, como tal, tem potencial para ser uma rocha mãe rica em hidrocarbonetos.

O shale-gas é considerado um recurso não-convencional, isto é, um recurso em que algum dos elementos “clássicos” do sistema petrolífero está em falta (migração, reservatório, armadilha, selo, etc.). No caso do shale-gas, o gás é produzido e explorado na rocha geradora, não necessitando de

um reservatório, armadilha ou selo. Este recurso exige, no entanto, técnicas próprias de exploração, como seja o “*fracking*” ou fracturação hidráulica.



**Fig.1** a) janela do gás para os gradientes geotérmicos de reservatório temos de obter valores de 30°C/Km e 50°C/Km; b) relação entre Ro% e Tmax.

porosidade superior a 4%, saturação em água inferior a 45%, saturação em óleo inferior a 5%, permeabilidade superior a 100 md, espessura superior a 20 m e área superior a 100 km<sup>2</sup>; a rocha geradora terá de ter TOC superior a 2% wt, Ro% entre 1,1 e 3,5 % (fig. 1 b) e Tmax entre 477.8°C e 547.1°C (Boyer et al., 2006).

O TOC corresponde ao carbono orgânico total e é o melhor indicador do potencial gerador de uma rocha mãe. Um TOC superior a 2% é indicativo de um potencial gerador muito bom.

A reflectância da vitrinite ( $R_o\%$ ) é um parâmetro relacionado com a maturidade térmica da rocha. Um valor de  $R_o\%$  superior a 1,1% indica que o petróleo já sofreu “*cracking*” e foi transformado em gás, enquanto valores de  $R_o\%$  superiores a 3,5% indicam uma maturação já muito elevada a partir da qual já não existe gás.

A Tmax é determinada no decorrer da análise por pirólise “*Rock-eval*”, correspondendo à temperatura a que se atinge o máximo de geração de S2 e relaciona-se com a maturação térmica da matéria orgânica, sendo que o S2 nos dá o potencial gerador da rocha.

Tivemos como principais objectivos deste trabalho: i) a identificação e caracterização de unidades Mesozóicas de interesse para o shale-gas, a partir de trabalhos publicados (em especial as numerosas referências citadas em Kullberg *et al* (2006)); ii) a recolha de dados de geoquímica orgânica, espessuras e áreas relativas a essas unidades, a partir de trabalhos publicados e cartas geológicas; iii) determinar qual o potencial para shale-gas das unidades em questão, tendo em conta os dados obtidos e os factores críticos do reservatório e do gerador (acima referidos).

### UNIDADES MESOZÓICAS COM POTENCIAL PARA SHALE-GAS

No Mesozóico português as unidades com interesse para shale-gas encontram-se na Bacia Lusitânica. A Bacia Lusitânica é uma bacia sedimentar situada na Margem Oeste Ibérica, que se formou durante a fragmentação da Pangea e consequente abertura do Atlântico Norte. A sua complexa evolução perdurou desde o Triásico superior até ao Cretácico (Pena dos Reis *et al.*, 2011).

No Jurássico inferior existem duas formações com interesse para shale-gas: i) Formação Água de Madeiros com dois membros, Membro da Polvoeira e Membro da Praia da Pedra Lisa, tendo o primeiro maior potencial por ter maior espessura de sedimentos argilosos com TOC mais elevado; ii) Formação Vale das Fontes com três membros, Membro Margas e Calcários com Uptonia e Pentacrinus, Membro das Margas e Calcários Grumosos e o Membro Margo-Calcário com Níveis Betuminosos, tendo o último maior potencial e tendo sido referido por vários autores como sendo uma rocha geradora de hidrocarbonetos (vd. Silva *et al.*, 2012).

Período	Idade	Formação (nº de amostras)	COT(%)	T.max(°C)	S2(mg HC/g rocha)	IH(mg HC/g COT)	Tipo de querogénio
Jurássico inferior	Pliensbaquiano	Vale das Fontes (20)	2.9	429	9,3	320,7	II-III
	Sinemuriano	Água de Madeiros (13)	3.3	425	12,3	365,9	II-III

**Fig.2-** Tabela de dados adaptada de Spigolon *et al.* (2010) referentes às unidades do Jurássico inferior

Os dados de Poças Ribeiro *et al.* (2012), Silva *et al.* (2012) e Spigolon *et al.* (2010) (fig. 2), recolhidos em afloramento, revelam-nos que estas formações têm TOCs muito elevados e são, portanto, bons geradores. No entanto, os valores de Ro% e Tmax são muito baixos, o que revela querogénio no estado imaturo. Segundo os dados de Teixeira *et al.* (2012), recolhidos em sondagens, os valores mais elevados de Ro% encontram-se no sector central da Bacia Lusitânica, em Campelos (sondagem CP-1, que intersecta as unidades do Jurássico inferior a 3,5 km de profundidade), e no sector Norte junto a São Pedro de Moel. É no entanto de notar que as unidades do Jurássico inferior na região de Campelos encontram-se actualmente a uma profundidade demasiado elevada para poderem ser exploradas.

No Jurássico superior as unidades de interesse correspondem à Formação de Cabaços e Camadas de Valverde.

Os dados de Pena dos Reis *et al.* (2010) e Spigolon *et al.* (2010) (fig.3), retirados em afloramentos destas unidades, revelam-nos mais uma vez TOCs muito elevados (superiores, na sua maioria, aos valores do Jurássico inferior) e valores de Ro% e Tmax baixos, estando, por isso, o querogénio no

Período	Idade	Formação (nº de amostras)	COT(%)	T.max(°C)	S2(mg HC/g rocha)	IH(mg HC/g COT)	Tipo de querogénio
Jurássico superior	Oxfordiano	Vale Verde (9)	1.2	432	5,8	483,3	II
			28.6	423	96,8	338,5	III
		Cabaços (7)	2.8	429	16,0	563,9	I-II

**Fig.3-** Tabela de dados adaptada de Spigolon *et al.* (2010) referentes às unidades do Jurássico superior

estado imaturo.

Através dos dados de Teixeira *et al.* (2012), obtidos em sondagem, sabemos que a reflectância atinge maiores valores no sector central da

Bacia Lusitânica, na sub-bacia Bombarral-Arruda.

Complementando a informação recolhida com o mapa de isopacas de Pena dos Reis *et al.* (2011), referentes ao Jurássico superior e Cretácico, sabemos que existiam dois depocentros na Bacia Lusitânica: um no sector central e outro no sector Norte no off-shore junto a São Pedro de Moel.

Assim, foi nestes dois sectores que houve maior enterramento das unidades geradoras do Jurássico inferior e superior, pelo que foi nesses sectores que o querogéneo presente na rocha geradora sofreu maior maturação, potenciando a entrada na “janela do gás”.

## CONCLUSÃO

Conclui-se que no Mesozóico as quatro unidades jurássicas mencionadas têm altos valores de TOC (em geral acima dos 2%wt). Em afloramento o querogéneo encontra-se frequentemente no estado imaturo. Porém, através das diversas sondagens realizadas e de mapas de isopacas, estima-se que o maior potencial de maturação do Jurássico inferior se encontra no sector central da bacia Lusitânica e no sector Norte junto a São Pedro de Moel. No Jurássico superior o maior potencial para shale-gas encontra-se no sector central da bacia Lusitânica, uma vez que é neste sector que as unidades atingem maior maturação. Contudo, no sector central as unidades encontram-se a profundidades demasiado grandes para serem exploradas, pelo que se aponta o Jurássico inferior do sector Norte como a área mais promissora.

## Agradecimentos:

Ao Professor Rui Pena dos Reis pelo apoio na saída de campo na região do Buçaco.

## Bibliografia:

Boyer, C.; Kieschnick, J; Suarez-Rivera, R.; Lewis, R. ; Waters, G. (2006). Producing Gas from its Source. *Oilfield Review*, p. 36-49.

J. C. Kullberg, R. B. Rocha, A. F. Soares, J. Rey, P. Terrinha, A.C.Azerêdo; et al. (2006). A Bacia Lusitaniana: Estratigrafia, Paleogeografia e Tectónica. In *Geologia de Portugal*, Escolar Editora, II, 798 pp.

Pena dos Reis, R; Pimentel, N.L. (2010) Sistemas Petrolíferos no On-Shore da Bacia Lusitânica- uma visão geológica integradora. in “*Ciências Geológicas – ensino e investigação e a sua história*”, Assoc. Port. de Geólogos, Volume II, p.143-156.

Pena dos Reis, R.; Pimentel, N.L; Garcia, A. (2011). A Bacia Lusitânica (Portugal): análise estratigráfica e evolução geodinâmica. B.Geoci.Petrobras, Rio de Janeiro, V.19 n.1/2, p.23-52.

Poças Ribeiro, N. ; Mendonça Filho, J.G.; Duarte, L.V; Silva, R.L; Mendonça, J.O.; Silva, T.F. (2012). Palynofacies and organic geochemistry of the Sinemurian carbonate deposits in the western Lusitanian Basin (Portugal): Coimbra and Água de Madeiros formations. *Internat. Journ. of Coal Geology (in press)*

Silva, R.L; Mendonça Filho, J.G., Da Silva, F.S., Duarte, L.V., Silva T.F., Ferreira, R. & Azerêdo, A.C. (2012). Can biogeochemistry aid in the palaeoenvironmental/early diagenesis reconstruction of the ~187 Ma(Pliensbachian) organic-rich hemipelagic series of the Lusitanian Basin (Portugal)? *Bulletin of Geosciences*, 87(2), p. 373-382.

Spigolon,A.; Pena dos Reis,R.; Pimentel, N.L; Esteves de Matos, V. (2010). Geoquímica orgânica de rochas potencialmente geradoras de petróleo no contexto evolutivo da Bacia Lusitânica, Portugal. B.Geoci.Petrobras, V.19 n.1/2, p. 131-162.

Teixeira, B.A; Pimentel, N.L; Pena dos Reis, R..(2012) Regional variations in Source Rock maturation in the Lusitanian Basin (Portugal) – the role of rift events, subsidence, sedimentation rate, uplift and erosive. *Abstracts*, III Atlantic Conjugate Margins Conference, Dublin.

## ***Análise das variações no padrão RGB de cor após o ataque químico. Granada gnaiss Branco Dallas, Barra de São Francisco-ES, Brasil.***

*Analysis of changes in RGB color pattern in rock after exposure to chemical attack. Garnet Gneiss White Dallas, Espírito Santo State, Brazil.*

T. Motta Bolonini<sup>1\*</sup>, L.A. Saar<sup>1</sup>, A. Godoy<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho - Unesp, Instituto de Geociências e Ciências Exatas - IGCE, Programa de Pós-graduação em Geologia Regional. Av. 24A nº 1515, Bela Vista, Rio Claro, São Paulo, Brasil.

\* thiagotro@gmail.com

**Resumo:** Apresentam-se as variações no padrão de cor causadas pelo ataque químico da rocha comercialmente designada por Branco Dallas, extraída no município de Barra de São Francisco, Estado do Espírito Santo-ES (Brasil), utilizada na construção civil como material de revestimento. Utilizaram-se placas polidas da rocha que foram expostas ao ataque químico. Antes e após o ataque as superfícies a estudar foram digitalizadas sobretudo para medir padrões RGB (*Red*, *Green*, *Blue*) de cor em software específico e depois relacioná-los com as alterações identificadas. Concluiu-se que para a rocha em questão os reagentes que mais provocaram modificações nos padrões RGB da rocha, contribuindo para sua deterioração, foram os ácidos clorídrico (HCl) e cítrico (C<sub>2</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>) provocando a oxidação de minerais, como a biotita conferindo o tom castanho (escuro) às superfícies das rochas.

**Palavras-chave:** Granada gnaiss, rocha ornamental, ataque químico, padrão de cor RGB.

**Abstract:** This work aims to analyze variations caused by chemical attack in the color pattern of a rock commercially known as White Dallas, extracted in Barra de São Francisco, Espírito Santo State (Brazil) and used in civil construction as a coating material. Were used polished rock slabs exposed to chemical attack and their surfaces were scanned before and after the attack, particularly to measure the RGB (*Red*, *Green* and *Blue*) color patterns in a specific software and then relate them to the identified changes. It was concluded that to the studied rock, the reagents that most caused changes in the RGB patterns in contributing to the rock deterioration were the hydrochloric (HCl) and the citric (C<sub>2</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>) acids causing the oxidation of minerals such as biotite and setting the brown (dark) tone to the rocks surfaces.

**Key-words:** Garnet gneiss, dimension stone, chemical attack, RGB color pattern.

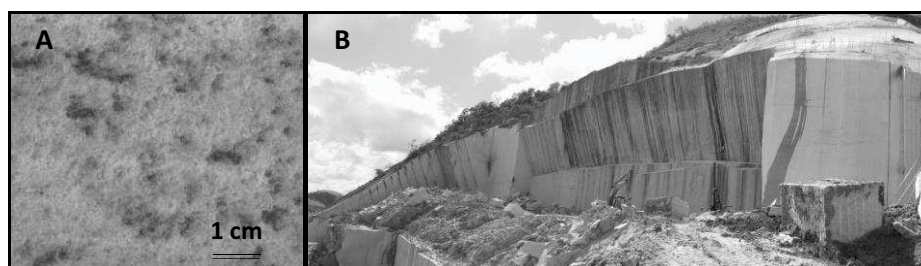
### **1. INTRODUÇÃO**

Segundo o portal do governo do Estado do Espírito Santo, Rota do mármore e do granito (2013) o Brasil, têm no Estado, a maior produção e os maiores volumes de processamento e de exportação, de rochas ornamentais. Dentre estas rochas está o gnaiss sienogranítico granatífero objeto deste estudo, extraído região Noroeste, a mais produtora do Estado, nomeadamente nos municípios de Ecoporanga, Barra de São Francisco, Água Doce do Norte, Baixo Guandu, Pancas, Vila Pavão e Nova Venécia. Com a análise de imagem e mais especificamente, com a determinação do padrão de cor RGB, tentam-se empregar novas técnicas de controle de qualidade de rochas processadas.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS UTILIZADOS

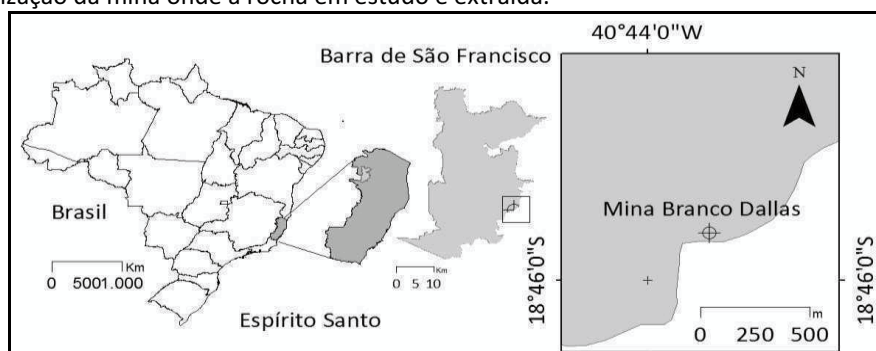
Petrograficamente o Branco Dallas (Figura 1), corresponde a um gnaisse sienogranítico granatífero extraído no município de Barra de São Francisco (Figura 2) e composto por microclínio ( $\approx 43\%$ ), plagioclásio ( $\approx 28\%$ ), quartzo ( $\approx 26\%$ ), granada ( $\approx 2\%$ ), biotita ( $\approx 1\%$ ) e minerais acessórios como zircão e apatita.

**Figura 1.** Granada gnaisse sienogranítico.



**Legenda:** **A** - É importante observar, que na imagem não há grandes evidências de uma estruturação gnaissica devido à posição da chapa (corte normal ao principal plano de foliação milonítica). Tal classificação só foi possível com a descrição da rocha em campo. **B** – Panorâmica da pedreira onde a rocha é extraída.

**Figura 2.** Localização da mina onde a rocha em estudo é extraída.



Em um contexto geológico regional a rocha está inserida no Orógeno Araçuai (Pedrosa-Soares *et al.*, 2005; Pedrosa-Soares *et al.*, 2006) na denominada Suíte Carlos Chagas onde predominam Sillimanita-granada-biotita protomilonito-gnaisses e sillimanita-granada-biotita milonito gnaisses, leucocráticos, de granulação grossa e ricos em porfiroclastos de feldspatos potássicos (CPRM, 2007).

Foram utilizados para este trabalho seis provetes e cinco reagentes conforme a tabela1.

**Tabela 1.** Amostras, reagentes, concentrações e duração do ensaio.

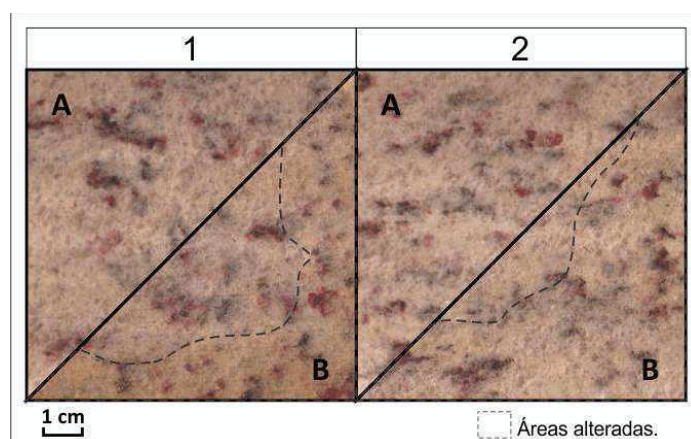
Amostras	Dimensões	Reagentes	Concentrações	Tempo de contato
1	8,5 cm x 8,5 cm x 2,0 cm	Ácido clorídrico (HCl)	3%v/v	96 h
2		Ácido cítrico (C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub> )	100g/l	24 h
3		Cloreto de amônia (NH <sub>4</sub> Cl)	100g/l	24 h
4		Hidróxido de Potássio (KOH)	100g/l	96 h
5		Hipoclorito de Sódio (NaClO)	20mg/l	24 h
6		Sem ataque (para comparação)		

Cada provete foi digitalizado antes e após o ataque químico com o uso de uma impressora multifuncional HP deskjet 2050, com resolução de impressão (600 dpi). Depois de digitalizadas, as imagens foram trabalhadas num *software* livre denominado ImageJ (ImageJ, 2004) até que fossem obtidos os valores referentes aos canais RGB para a totalidade de suas áreas (antes e após o ataque químico).

### 3. RESULTADOS

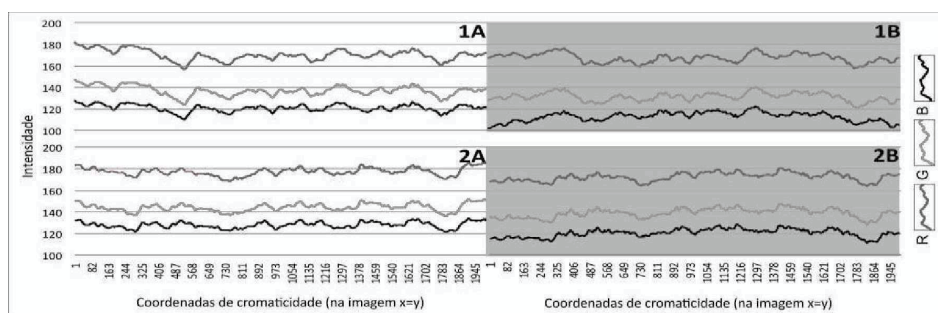
Na figura 3 estão representados os provetes 1 e 2 atacados com os reagentes químicos.

**Figura 3.** Superfícies digitalizadas dos provetes atacados quimicamente.



**Figura 3.** Superfícies digitalizadas dos provetes atacados quimicamente. **Legenda:** 1-Ácido clorídrico; 2-Ácido cítrico; A - Antes do ataque; B - Depois do ataque.

Na figura 4 constam os gráficos gerados a partir dos padrões RGB dos provetes, antes e depois do ataque químico. Serão apresentados e discutidos apenas os resultados obtidos para os provetes 1 e 2 cujos reagentes foram respectivamente o ácido clorídrico e o ácido cítrico pois os demais reagentes não afetaram de forma expressiva os provetes de 3 a 4.



**Figura 4.** Padrões de cores RGB, provetes 1 e 2, antes e após o ataque com o HCl. e o  $C_8H_8O_7$ . **Legenda:** 1-Ácido clorídrico; 2-Ácido cítrico; A - Antes do ataque; B - Depois do ataque. Os valores do eixo X nesta figura, correspondem às coordenadas de cromaticidade na imagem analisada, ou seja, na imagem dos provetes. Portanto, nas imagens, X=Y que por sua vez geram os perfis demonstrados na figura.

Na análise do padrão de cor, os únicos reagentes que causaram modificações significativas foram o ácido clorídrico e o ácido cítrico. Tais reagentes provocaram escurecimentos (mudanças de tom para castanho), nas superfícies das amostras, evidenciados por alterações nas intensidades sobretudo nos

canais verde e azul (redução de  $\approx 10$  na intensidade média quando comparada com a amostra ao natural), o que faz com que tons próximos ao canal vermelho (R) sobressaiam (Figura 4, 1 e 2B). Tal efeito pode ser justificado por possuírem os ácidos, uma maior afinidade de reação com os metais presentes em alguns dos minerais da rocha estudada. Se recorrermos à série de reatividade química dos metais com ácidos, de acordo com a eletropositividade dos metais, podem ser justificadas as reações e a alteração mais intensa da biotita em relação ao microclínio por exemplo, pois o Fe presente na biotita é mais eletropositivo (e portanto mais reativo) que o K presente no microclínio. Na sequência de reação/alteração estaria a granada, por conta do Al e o Mg. A reação de oxidação, acontece por que o metal possui a capacidade de remover o H dos ácidos formando o cátion Hidrônio ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) ou o cátion  $\text{H}^+$  que por sua vez pode receber elétrons e formar gás hidrogênio e água.

#### 4. CONCLUSÃO

A análise do padrão de cor RGB, quando conjugada à determinação da resistência ao ataque químico para esta rocha, mostrou-se eficaz no tocante à quantificação dos efeitos estéticos causados pelas reações ocorridas entre a rocha e os compostos químicos. As análises realizadas podem auxiliar na indicação do melhor procedimento a ser adotado para a limpeza deste tipo litológico. Sabe-se, a partir deste ponto, que substâncias acidificadas como o ácido muriático (contém ácido clorídrico), por exemplo, não podem ser utilizadas para sua limpeza. Há ainda o cuidado que se deve ter ao contato com sumos de frutas cítricas e vinagres que contém o ácido cítrico. Quando não puderem ser evitados os contatos, os compostos devem ser removidos imediatamente para diminuir o risco de manchamento por oxidação.

**Agradecimentos** CAPES, processo nº 3030-13-0.

#### Bibliografia:

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1997). NBR 13818: Determinação da resistência ao ataque químico. Anexo – H. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. (2007). Geologia da Folha de Mantena - SE.24-Y-A-VI - Programa Geologia do Brasil – mapa geológico da folha Mantena. Escala 1:100.000. Brasília, DF, Brasil.
- IMAGEJ – IMAGE PROCESSING AND ANALYSIS IN JAVA. 2004. Disponível para download em: <http://rsbweb.nih.gov/ij/index.html>. RSB, Research Services Branch. United States of America.
- PEDROSA-SOARES, A. C. *et al.* (2005). Orógeno Araçuaí: estágio atual do conhecimento geotectônico. Simpósio Cráton do São Francisco. Salvador. Anais do evento, Salvador: SBG.
- PEDROSA-SOARES, A. C. *et al.* (2006). Magmatismo e tectônica do Orógeno Araçuaí no extremo leste de Minas e norte do Espírito Santo (18°-19°S, 41°-40°30'W). GENOMOS - Instituto de Geociências da UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais - Belo Horizonte - MG.
- ROTA DO MÁRMORE E DO GRANITO (2013). Rota do Mármore e do Granito, uma rota de bons negócios. Disponível em: [http://www.es.gov.br/EspiritoSanto/paginas/rota\\_marmore\\_granito.aspx](http://www.es.gov.br/EspiritoSanto/paginas/rota_marmore_granito.aspx). Acesso em: 30/08/2013.



## ***Análise preliminar dos dados do Monte Submarino Rugoso, obtidos com o ROV Luso em 2012***

*Preliminary analysis of the data on Rugoso Seamount, obtained with the Luso ROV in 2012*

V. Grigorova<sup>1\*</sup>, R. Tomás<sup>1</sup>, J. Fonseca<sup>1</sup>, L.P. Ribeiro<sup>2,3</sup>, F. Marques<sup>4</sup>, P. Madureira<sup>2,5,6</sup>, A. Calado<sup>2</sup>, A. Afonso<sup>2</sup>, M. Souto<sup>2</sup>, L. Bernardes<sup>2</sup>, R. Bettencourt<sup>7</sup>, B. Lourenço<sup>8</sup>, T. Dias

<sup>1</sup> Universidade de Lisboa, Departamento de Geologia, 1749-016 Lisboa

<sup>2</sup> EMEPC – Estrutura de Missão para a Extensão da Plataforma Continental, Rua Costa Pinto 165, 2770-047 Paço de Arcos

<sup>3</sup> Universidade de Aveiro, GeoBioTec, Campus Universitário de Santiago, 3810-193, Aveiro

<sup>4</sup> Universidade de Lisboa, CREMINER, 1749-016 Lisboa

<sup>5</sup> Universidade de Évora, Centro de Geofísica da, Rua Romão Ramalho nº59, 7000 Évora

<sup>6</sup> Universidade de Évora, Departamento de Geociências, Rua Romão Ramalho nº59, 7000 Évora

<sup>7</sup> Universidade dos Açores, IMAR-DOP, Faial, Açores

<sup>8</sup> Universidade Lusófona Humanidades Tecnologias, Lisboa

\* vili.grigorova@gmail.com

**Resumo:** O conhecimento do fundo oceânico tem sido um dos objetivos da EMEPC durante os seus trabalhos para a Proposta de Extensão da Plataforma Continental Portuguesa. Desta forma, na leg2 da campanha oceanográfica EMEPC\PEPC\Luso\2012, que teve como objetivo a recolha de informação na região do Monte Submarino *Josephine*, localizado na elevação Madeira-Tore, foram realizados vários mergulhos com o ROV Luso. Um dos locais escolhidos foi o Monte Submarino Rugoso, batizado durante a campanha, pela sua morfologia, estrutura e posição geográfica. Localizado 30 km a N do Monte Submarino *Josephine*, onde foi identificada a existência de vários ciclos de atividade vulcânica, o Monte Submarino Rugoso encontra-se próximo da fronteira entre as placas litosféricas Eurasiática e Núbica, apresentando uma morfologia com estruturas alinhadas na direção NW-SE que poderão estar relacionadas com o complexo ambiente tectónico regional.

**Palavras-chave:** Geologia marinha, Elevação Madeira-Tore, Monte Submarino Rugoso, ROV Luso

**Abstract:** The knowledge of seafloor has been one of the main objectives of EMEPC during its work on the Extension of the Portuguese Continental Shelf Project. During the second leg of the oceanographic campaign EMEPC\PEPC\Luso\2012, several dives with the ROV Luso were performed, in the Josephine Seamount area, located in Madeira-Tore Elevation, aiming to collect geological information. One of the dives took place at Rugoso Seamount, named during this campaign, because of its morphology, structure and geographic position observed in the bathymetry. Rugoso Seamount, which is located 30 km N of Josephine Seamount which preserves evidences for periodic volcanic activity, lies near the boundaries between the Eurasian and Nubian lithospheric plates. Its morphology has aligned structures with NW-SE direction, which may be associated with the complex regional tectonic setting.

**Key-words:** Marine geology, Madeira-Tore Elevation, Rugoso Seamount, Luso ROV

### **INTRODUÇÃO**

Em 2012, durante a segunda leg da Campanha Oceanográfica da Estrutura de Missão para a Extensão da Plataforma Continental, realizaram-se mergulhos com o ROV Luso em vários montes submarinos da elevação Madeira-Tore. Devido à sua morfologia e posicionamento na referida elevação, foi realizado um mergulho na vertente SW do Monte Submarino Rugoso, assim batizado durante a

campanha. Neste mergulho, onde se percorreram cerca de 550 m ao longo da vertente foi possível recolher pela primeira vez, imagens de alta resolução do fundo, 9 amostras de rocha, sendo uma de sedimento não consolidado que, no seu conjunto, constituem os primeiros dados sobre a geologia deste local e que aqui damos a conhecer de forma preliminar.

### ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

A elevação Madeira-Tore é uma mega-estrutura que se estende numa direção NE-SW, ao longo de 700 km, entre a margem oeste de Portugal Continental e o Arquipélago da Madeira (Figura 1), e cuja origem remonta às fases iniciais de abertura do Oceano Atlântico. Neste local têm sido encontradas evidências para a ocorrência periódica de vulcanismo de natureza alcalina, que, de acordo com Geldmacher *et al.* (2006), se terá constrangido aos períodos 95-80 Ma e 16-0.5 Ma. Já Merle *et al.* (2008) consideram três períodos distintos: 104-80 Ma, 70-50 Ma e 27-0.5 Ma.

A elevação Madeira-Tore, na região do Monte Submarino Rugoso, é atravessada pela zona de falha Açores-Gibraltar, que constitui a fronteira atual entre as placas Eurasiática e Núbia. Esta estrutura tectónica é formada por segmentos com diferentes geometrias e cinemáticas (e.g. Jimenez-Munt *et al.*, 2001), o que se traduz numa complexa tectónica regional. No segmento correspondente ao Monte Submarino Rugoso, entre os 20-13°W, dados de sísmica (Bufo *et al.*, 1988) sugerem uma deformação dominada por cisalhamento direito.

O Monte Submarino Rugoso, cujo topo está próximo dos 1000 m de profundidade, está localizado a 30 km a NNE do Monte Submarino *Josephine* e a 28 km a W do Monte Submarino *Josephine North*, e enraizado na elevação Madeira-Tore aos 1800 m. Tem na sua base a dimensão aproximada de 15 x 10 km, alongando-se preferencialmente na direção 330°, coincidente com a direção das estruturas que o atravessam. Ao longo do seu bordo SW, onde se recolheram os dados aqui apresentados, distinguem-se uma serie de elevações arredondadas com diferentes dimensões, que desenham um alinhamento concordante com as restantes estruturas deste monte submarino (Figura 1).

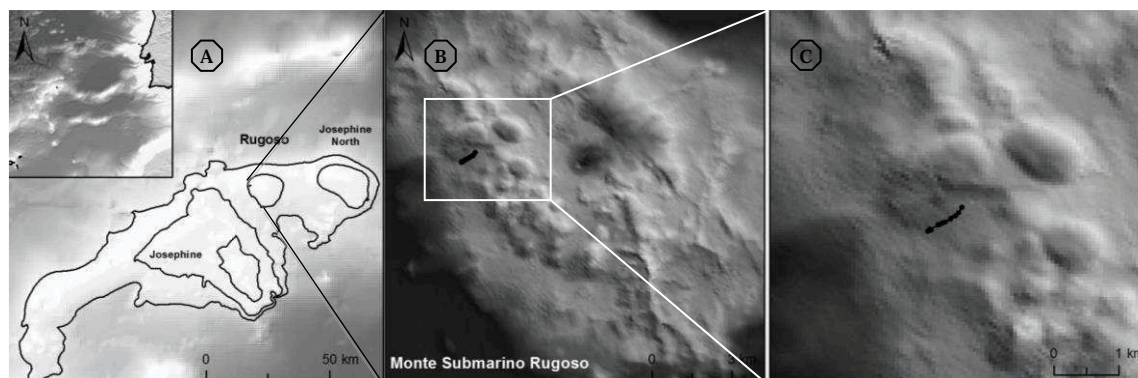


Figura 1 - (A) Localização do Monte Submarino Rugoso na Elevação Madeira-Tore e a sua posição relativa aos montes submarinos *Josephine* e *Josephine North*. (B) Localização do mergulho realizado no Monte Submarino Rugoso, cuja base tem dimensões de 10 x 15 km. (C) Detalhe do percurso retilíneo realizado na vertente do bordo SW do Monte Submarino Rugoso, durante a campanha EMEPC\PEPC\Luso\2012.

## DESCRIÇÃO DO MERGULHO

Durante o mergulho na vertente SW do Monte Submarino Rugoso o ROV Luso fez um trajeto de cerca de 550 m entre os 1319 m e os 1112 m de profundidade. As imagens mostram que, nesta vertente, o fundo encontra-se coberto, essencialmente, por blocos soltos angulosos com dimensões variáveis, em geral 50 cm, mas que podem atingir cerca de 150 cm, e por uma camada de sedimento solto fino e de cor clara.

De acordo com o perfil do mergulho apresentado na Figura 2, é de salientar variações na proporção entre sedimento fino e blocos ao longo de todo o percurso do ROV, com excepção de uma zona próxima dos 1180 m de profundidade onde foram encontrados rochas aflorantes.

Nas zonas mais profundas do mergulho detetou-se uma predominância de sedimentos finos, com uma proporção que pode chegar aos 90% da superfície exposta, por vezes com estruturas de *ripple marks*, indicando a existência de correntes profundas. Já em níveis intermédios, próximo dos 1240 m, há um aumento significativo da quantidade de blocos, podendo estes corresponder a mais de 50% da cobertura sedimentar. O topo da vertente, acima dos 1163 m de profundidade é caracterizado por uma zona inclinada, onde não se observam afloramentos, sendo a paisagem composta predominantemente pela cobertura sedimentar fina localmente interrompida por blocos de grandes dimensões.

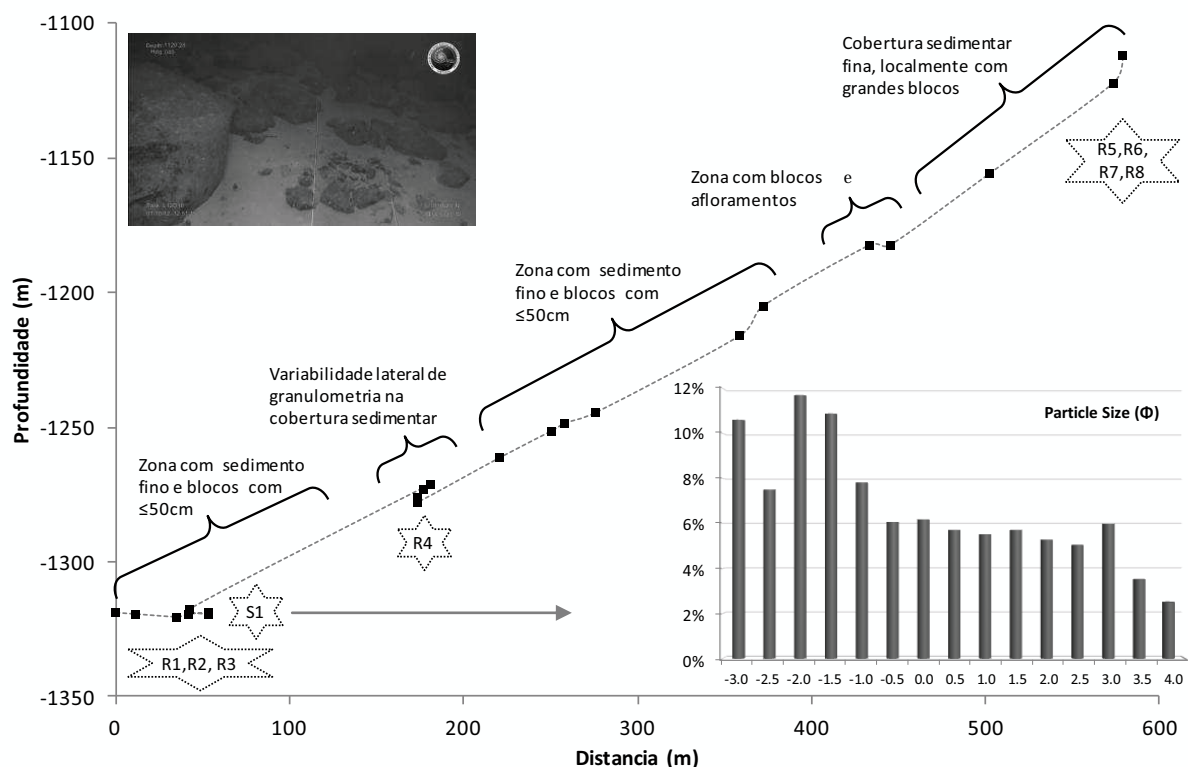


Figura 2 – Diagrama com o perfil do percurso do ROV Luso na vertente SW do Monte Submarino Rugoso, onde se identificaram diferentes tipos de cobertura e onde se recolheram 9 amostras de rocha. A fotografia mostra o aspeto geral do fundo e o diagrama a análise granulométrica da amostra de sedimento (S1).

A amostra de sedimento foi recolhida no início do trajeto efetuado pelo ROV, próximo dos 1319 m de profundidade, tendo a sua análise revelado não só uma componente carbonatada considerável (53%), como também, uma importante componente arenosa muito grosseira ( $\Phi_{\text{médio}} = -0.47 \approx 1.5\text{mm}$ ; (Folk & Ward, 1958)) e mal calibrada (Figura 2), indicando a ausência de condições de transporte propícias à seleção dimensional. A análise das diferentes frações granulométricas revelou que o sedimento é formado essencialmente por litoclastos de natureza vulcânica, semelhantes às amostras encontradas no local.

A observação ao microscópio das amostras de rocha mostrou a existência de dois tipos de litológicos. Na zona mais profunda, as amostras possuem uma textura vítrea com fenocristais de piroxena, anfíbola e feldspatóides podendo ocorrer também esfena, sugerindo uma composição alcalina. Acima dos 1300 m, as amostras de rocha vulcânica apresentam uma cor esverdeada, tendo sido observados ao microscópio, essencialmente, pequenos fenocristais de plagioclase por vezes com textura traquítica e uma matriz vítrea.

## CONCLUSÃO

A visualização das imagens recolhidas pelo ROV Luso permitiu concluir que a vertente SW do Monte Submarino Rugoso, não mostra variações geológicas significativas, sendo caracterizada por uma cobertura sedimentar, essencialmente arenosa com litoclastos que resultam da erosão do substrato vulcânico, e pela presença de blocos que podem atingir os 150 cm. A observação petrográfica das amostras de rocha recolhidas ao longo da vertente, mostram uma região de natureza vulcânica alcalina com alguma variação composicional. No entanto, apesar de estar descrita a ocorrência de eventos vulcânicos recentes nesta região da Elevação Madeira-Tore, nesta vertente do Monte Submarino Rugoso não foram observadas estruturas que sugiram um ambiente vulcânico com actividade recente. Por outro lado, as estruturas interpretadas a partir dos dados de batimetria sugerem a existência de deformação recente, a qual terá condicionado o tipo de fundo observado neste mergulho. Trabalhos futuros que incidam na análise mais detalhada dos sedimentos e a das amostras de rocha permitirão conhecer melhor a geologia local.

## Bibliografia

- FOLK, R. L., WARD, W.C., (1957) - Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology* 27, 3–26.
- GELDMACHER, J., HOERNLE, K., KLUGEL, A., BOGAARD, P., WOMBACHER, F., BERNING, B. (2006) – Origin and geochemical evolution of the Madeira-Tore Rise (eastern North Atlantic). *JGR*, vol. 111
- JIMÉNEZ-MOUNT, I., FERNÁNDEZ, M., TORNE, M., BIRD, P. (2001) - The transition from linear to diffuse plate boundary in the Azores-Gibraltar region: results from a thin-sheet model. *EPSL*, 192, 175-189.
- MERLE, R., JOURDAN, F., GIRARDEU, J., MARZOLI, A., RENNE, P., (2008) – Evidence of multi-phase Cretaceous to Quaternary alkaline magmatism on Tore-Madeira Rise seamounts from  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  ages. *GRA*, vol. 10.
- BUFORN, E., UDÍAS, A., COLOMBÁS, M.A. (1988) - Seismicity, source mechanisms and tectonics of the Azores-Gibraltar plate boundary. *Tectonophysics*, vol. 152, 89–118.

## ***Dados preliminares do Pico Pia, obtidos na campanha oceanográfica EMEPC\PEPC\Luso\2012***

*Preliminary data from Pico Pia, obtained during the oceanographic campaign  
EMEPC\PEPC\Luso\2012*

R. Tomás<sup>1\*</sup>, V. Grigorova<sup>1</sup>, J. Fonseca<sup>1</sup>, L.P. Ribeiro<sup>2,3</sup>, F. Marques<sup>4</sup>, P. Madureira<sup>2,5,6</sup>, J. Mata<sup>1,7</sup>, A. Lobo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Lisboa, Departamento de Geologia da FCUL, 1749-016 Lisboa

<sup>2</sup> EMEPC – Estrutura de Missão para a Extensão da Plataforma Continental, Rua Costa Pinto 165, 2770-047 Paço de Arcos

<sup>3</sup> Universidade de Aveiro, GeoBioTec, Campus Universitário de Santiago, 3810-193, Aveiro

<sup>4</sup> Universidade de Lisboa, CREMINER, 1749-016 Lisboa

<sup>5</sup> Universidade de Évora, Centro de Geofísica da, Rua Romão Ramalho nº59, 7000 Évora

<sup>6</sup> Universidade de Évora, Departamento de Geociências, Rua Romão Ramalho nº59, 7000 Évora

<sup>7</sup> Centro de Geologia da Universidade de Lisboa

\* ricardotomas89@gmail.com

**Resumo:** Durante a LEG2 da campanha oceanográfica EMEPC\PEPC\Luso\2012, e com o objectivo de recolher dados para a Proposta de Extensão da Plataforma Continental Portuguesa, foram realizados mergulhos com o ROV Luso na Elevação Madeira-Tore. Um dos locais escolhidos foi a vertente SW do Pico Pia, localizado na encosta E do Monte Submarino *Josephine North*.

Neste mergulho do ROV Luso foi possível obter, na região do Pico Pia, as primeiras imagens do fundo, reconhecer as principais estruturas geológicas ao longo de um percurso superior a 700 m e recolher amostras de rochas vulcânicas.

Neste trabalho apresentam-se os resultados preliminares obtidos a partir das imagens de vídeo e da descrição petrográfica das amostras, que servirá de base ao estudo petrogenético subsequente, esperando aprofundar o conhecimento sobre a geologia do Pico Pia e sobre os basaltos que cobrem o fundo oceânico desta zona.

**Palavras-chave:** Basaltos oceânicos, Monte Submarino *Josephine North*, Pico Pia, ROV Luso.

**Abstract:** During LEG2 of the oceanographic campaign EMEPC\PEPC\Luso\2012, with the purpose to collect data for the Extension of the Portuguese Continental Shelf Project, several dives with the *Luso* ROV were performed in the Madeira-Tore Elevation. One of the dives took place on the SW slope of Pico Pia, located on the E slope of *Josephine North* Seamount.

During the Luso ROV dive, it was possible to capture the first video footages from the seafloor, allowing the characterization of the main geological structures and to collect rock samples. In this work, we present the preliminary results from the analysis of the video and from the petrography of the samples that will support a subsequent petrogenetic study, which will, hopefully, enhance the knowledge on the geology of Pico Pia and on oceanic basalts in this area.

**Key-words:** Ocean basalts, *Josephine North* Seamount, Pico Pia, Luso ROV.

### **INTRODUÇÃO**

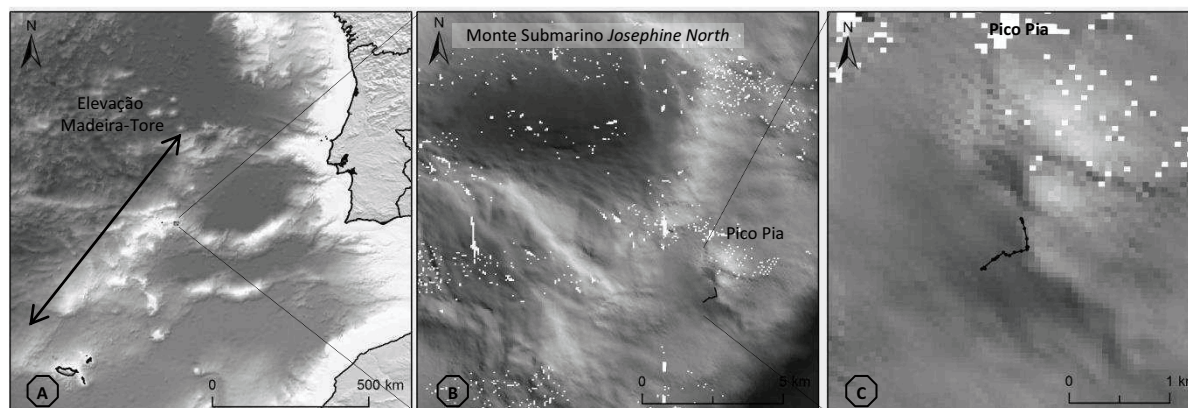
Em 2012, na segunda “LEG” da campanha oceanográfica da Estrutura de Missão para a Extensão da Plataforma Continental (EMEPC\PEPC\Luso\2012), realizaram-se mergulhos com o veículo remotamente operado, ROV Luso, em vários montes submarinos da elevação Madeira-Tore. Um dos mergulhos decorreu no Pico Pia, uma elevação de origem vulcânica localizada na vertente E do

Monte Submarino *Josephine North* onde, de acordo com estudos prévios, ocorreu vulcanismo recente de natureza alcalina (Geldmacher *et al.*, 2006).

Durante o mergulho com o ROV Luso na vertente SW do Pico Pia, com uma trajetória que foi variando de acordo com as estruturas geológicas encontradas, foram obtidas pela primeira vez imagens de alta resolução do fundo submarino que adicionam uma nova perspectiva aos dados de batimetria, possibilitando uma interpretação mais fundamentada da geologia local. Foi também possível a recolha *in situ* de 6 amostras de rochas vulcânicas que estão neste momento a ser estudadas do ponto de vista petrológico e geoquímico. Neste trabalho descrevem-se de forma preliminar os resultados do mergulho.

### ENQUADRAMENTO

A elevação Madeira-Tore é uma mega-estrutura que se estende numa direção NE-SW, ao longo de 700 km, entre a margem oeste de Portugal Continental e o Arquipélago da Madeira (Figura 3), e cuja origem remonta às fases iniciais de abertura do Oceano Atlântico. Na região do Monte Submarino *Josephine North*, a referida elevação é atravessada pela falha Açores-Gibraltar que constitui a fronteira atual entre as placas Eurasiática e Núbica.



**Figura 3 – (A) Localização da Elevação Madeira-Tore entre o Arquipélago da Madeira e a margem oeste de Portugal Continental. (B) Mapa batimétrico com a localização do Monte Submarino *Josephine North* e do Pico Pia. (C) Trajetória do mergulho realizado com o ROV Luso na vertente SW do Pico Pia.**

Ao longo da elevação Madeira-Tore têm sido encontradas evidências da ocorrência de variados episódios vulcânicos de natureza alcalina. De acordo com Geldmacher *et al.* (2006) estes episódios estão constrangidos aos períodos entre os 95-80 Ma e os 16-0.5 Ma, enquanto Merle *et al.* (2008) considera três períodos distintos compreendidos entre os 104-80 Ma, os 70-50 Ma e os 27-0.5 Ma. De acordo com a informação existente, o Pico Pia enquadra-se dentro deste último período de actividade vulcânica recente ( $\approx 0.88 \pm 0.15$  Ma; Geldmacher *et al.*, 2006), apresentando uma morfologia vigorosa e aproximadamente circular, com cerca de 2 km de diâmetro.

## DESCRIÇÃO DO MERGULHO

No mergulho, com o ROV Luso, na vertente SW do Pico Pia foram percorridos cerca de 730 m, entre os 1602 m e os 1335 m de profundidade. Durante o trajeto que, no planeamento inicial, deveria seguir uma orientação SW-NE, perpendicular à vertente, foram encontradas várias estruturas morfológicas/geológicas que levaram à alteração da trajetória prevista. Tal resultou num trajeto com três segmentos de direções distintas. Na sua fase inicial a trajetória do ROV teve uma orientação geral SW-NE, ao longo de uma superfície com uma inclinação suave. Ao longo desta vertente, o fundo é constituído, essencialmente, por blocos alongados de dimensões diversas (entre  $\approx 10$  cm a 1 m), com bordos arredondados e/ou com formas prismáticas. Os blocos estão dispostos sobre um fundo sedimentar arenoso, o qual corresponde, normalmente, a menos de 20% da superfície exposta. Estas características parecem corresponder às de um depósito de vertente, muito mal calibrado e com sinais de pouco transporte, encontrando-se possivelmente muito próximo da fonte. Pontualmente observam-se zonas com rochas aflorantes. A partir dos 1520 m, observou-se uma mudança na direção da vertente (NNW-SSE) e o ROV movimentou-se para E, “voando” sobre um fundo onde predominam blocos ( $> 80\%$ ) com dimensões entre os 10-30 cm de diâmetro, com formas variadas, entre prismáticos, fusiformes e achatados apresentando, por vezes, estrias. Nesta zona, onde os blocos se amontoam de forma pouco criteriosa, ocorrem alguns afloramentos maciços no interior de uma pequena depressão com encostas suaves.

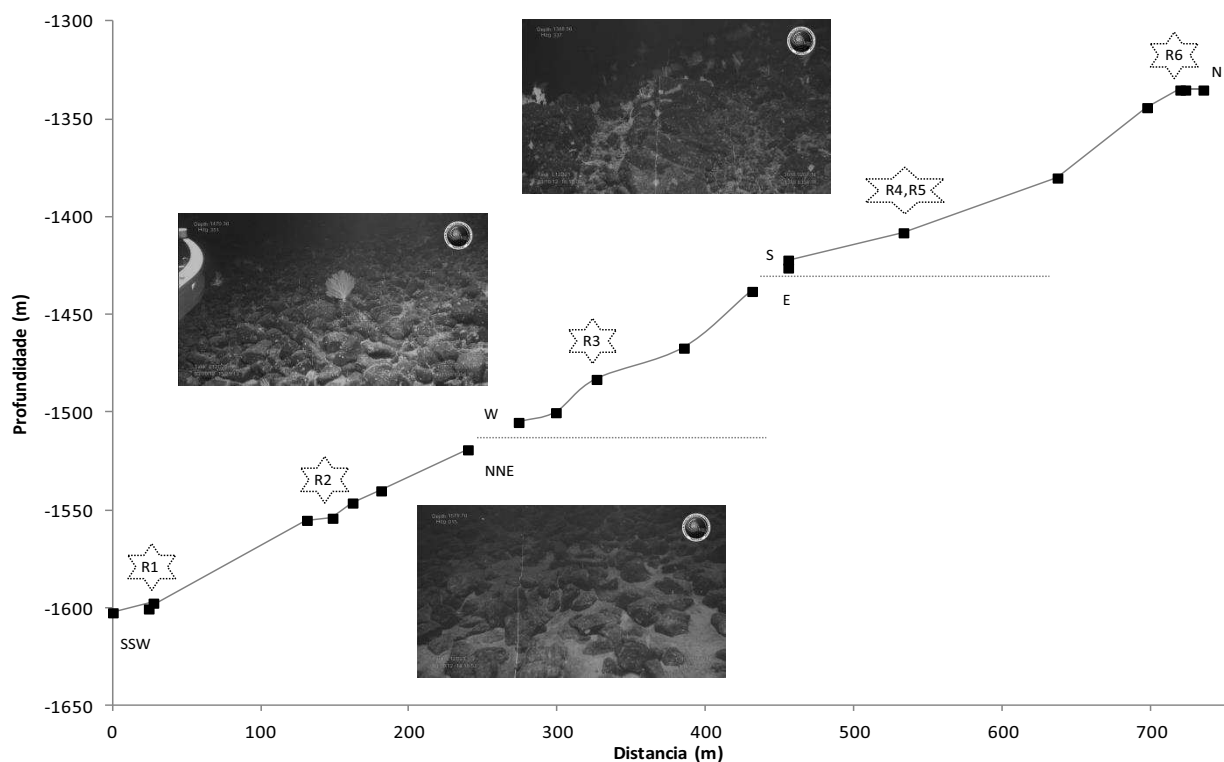


Figura 4 – Perfil do percurso realizado pelo ROV Luso durante o mergulho na vertente SW do Pico Pia, com a indicação das amostras recolhidas. A trajetória do mergulho caracteriza-se por ter 3 zonas distintas em que o ROV foi seguindo a direção das principais estruturas geológicas encontradas.



A partir dos 1453 m de profundidade observa-se uma maior predominância de blocos sobre um fundo aparentemente brechóide e uma zona de escarpa com afloramentos. Aqui, o trajeto do ROV muda novamente de direção (deslocando-se de acordo com uma orientação NNW-SSE), subindo paralelamente ao bordo desta crista rochosa com inclinação para SW. Ao longo da crista são observadas várias estruturas de natureza vulcânica como é o caso de *pillow* lavas, e zonas de afloramento maciço e também estruturas filonianas aproximadamente subparalelas ao bordo da crista. Perto do fim do mergulho, aos 1335 m de profundidade, o fundo é formado essencialmente por afloramentos de rochas vulcânicas ao longo de uma escarpa com forte inclinação para SW.

A observação ao microscópio petrográfico das amostras de rocha mostrou a existência de basaltos s.l., cuja composição mineralógica é compatível com uma natureza alcalina. Estes apresentam uma textura vesicular e porfirítica, com fenocristais de piroxena e de olivina, ainda que estes últimos sejam, geralmente, de dimensões reduzidas. A matriz é formada, na maioria dos casos, por microcristais de piroxena e óxidos, por vezes aciculares, podendo ter localmente vidro alterado.

## CONCLUSÃO

As observações da vertente SW do Pico Pia, baseadas na batimetria e nas imagens de vídeo, evidenciam uma morfologia vigorosa formada essencialmente por estruturas geológicas de natureza vulcânica. A morfologia e o bom estado de preservação das estruturas vulcânicas do Pico Pia corroboram a sua associação a eventos vulcânicos recentes, de acordo com as idades atribuídas ao vulcanismo por Geldmacher *et al.* (2006) e Merle *et al.* (2008) ao longo da Elevação Madeira-Tore.

No entanto, as observações realizadas ao longo do mergulho sugerem também a existência de outros processos geológicos de natureza tectónica e/ou sedimentar associados a este local. A crista vulcânica, cuja orientação preferencial é NNW-SSE, e onde se observam várias estruturas filonianas, por vezes subparalelas ao bordo da crista, apresenta um desnível considerável com uma forte inclinação para SW que poderá ser o resultado de uma zona de rotura ao longo desta vertente, evidenciando que a morfologia desta região não resulta exclusivamente da ação construtiva do vulcanismo.

Este estudo revelou também a ocorrência, na zona próxima da base do Pico Pia, de um depósito de vertente onde ocorreu a acumulação de blocos mal calibrados e de formas muito variadas sobre uma componente sedimentar mais fina de cor clara.

## Bibliografia

- GELDMACHER, J., HOERNLE, K., KLUGEL, A., BOGAARD, P., WOMBACHER, F., BERNING, B. (2006) – Origin and geochemical evolution of the Madeira-Tore Rise (eastern North Atlantic). *JGR*, vol. 111
- MERLE, R., JOURDAN, F., GIRARDEU, J., MARZOLI, A., RENNE, P. (2008) – Evidence of multi-phase Cretaceous to Quaternary alkaline magmatism on Tore-Madeira Rise seamounts from  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  ages. *GRA*, Vol. 10.



## ***Efeitos térmicos induzidos pelo Complexo Plutónico de Santa Eulália (ZOM)***

*Thermal effects induced by the Santa Eulália Plutonic Complex (OMZ)*

C. Cruz<sup>1\*</sup>, M.A. Ribeiro<sup>1</sup>, H.C.B. Martins<sup>1</sup>, H. Sant'Ovaia<sup>1</sup>, P. Nogueira<sup>2</sup>, J.C. Lopes<sup>3</sup>, L. Lopes<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade do Porto, DGAOT, CGUP, R. Campo Alegre, 4169-007 Porto, Portugal

<sup>2</sup> Universidade de Évora, Departamento de Geociências, CGUP, Rua Romão Ramalho, 7002-554 Évora, Portugal

<sup>3</sup> Universidade de Évora, Departamento de Geociências, CGUL, Rua Romão Ramalho, 7002-554 Évora, Portugal

\* claudiacfcruz@gmail.com

**Resumo:** O Complexo Plutónico de Santa Eulália (CPSE) é um corpo granítico tardi-varisco situado próximo do limite entre a Zona Centro Ibérica (ZCI) e a Zona Ossa Morena (ZOM) mais concretamente na parte norte da Zona Ossa Morena do maciço Ibérico Varisco. Este plutão tem cerca de 400 km<sup>2</sup> e corta estruturas variscas de orientação predominante NW-SE.

As rochas do encaixante do CPSE englobam unidades meta-ígneas e metassedimentares, de baixo e alto grau metamórfico, datadas desde o Proterozoico Superior até ao Paleozoico.

Este trabalho incide sobre o estudo petrográfico do encaixante do CPSE de modo a perceber quais os efeitos térmicos induzidos por este corpo granítico nas diversas litologias envolventes.

**Palavras-chave:** CPSE, petrografia, rochas metamórficas.

**Abstract:** The Santa Eulália Plutonic Complex (SEPC) is a late-variscan granitic body located near the contact between Central Iberian Zone (CIZ) and Ossa Morena Zone (OMZ) specifically in the northern part of the Ossa Morena Zone of the Iberian Orogen. This pluton has about 400 km<sup>2</sup> and cross-cuts the regional NW-SE variscan structures.

The host rocks of SEPC are composed by meta-igneous and metasedimentary units, of low- to high-grade metamorphic conditions and Upper Proterozoic to Paleozoic age.

This work focuses on petrographic study in order to understand which thermal effects induced by this granitic body in host rocks of the SEPC.

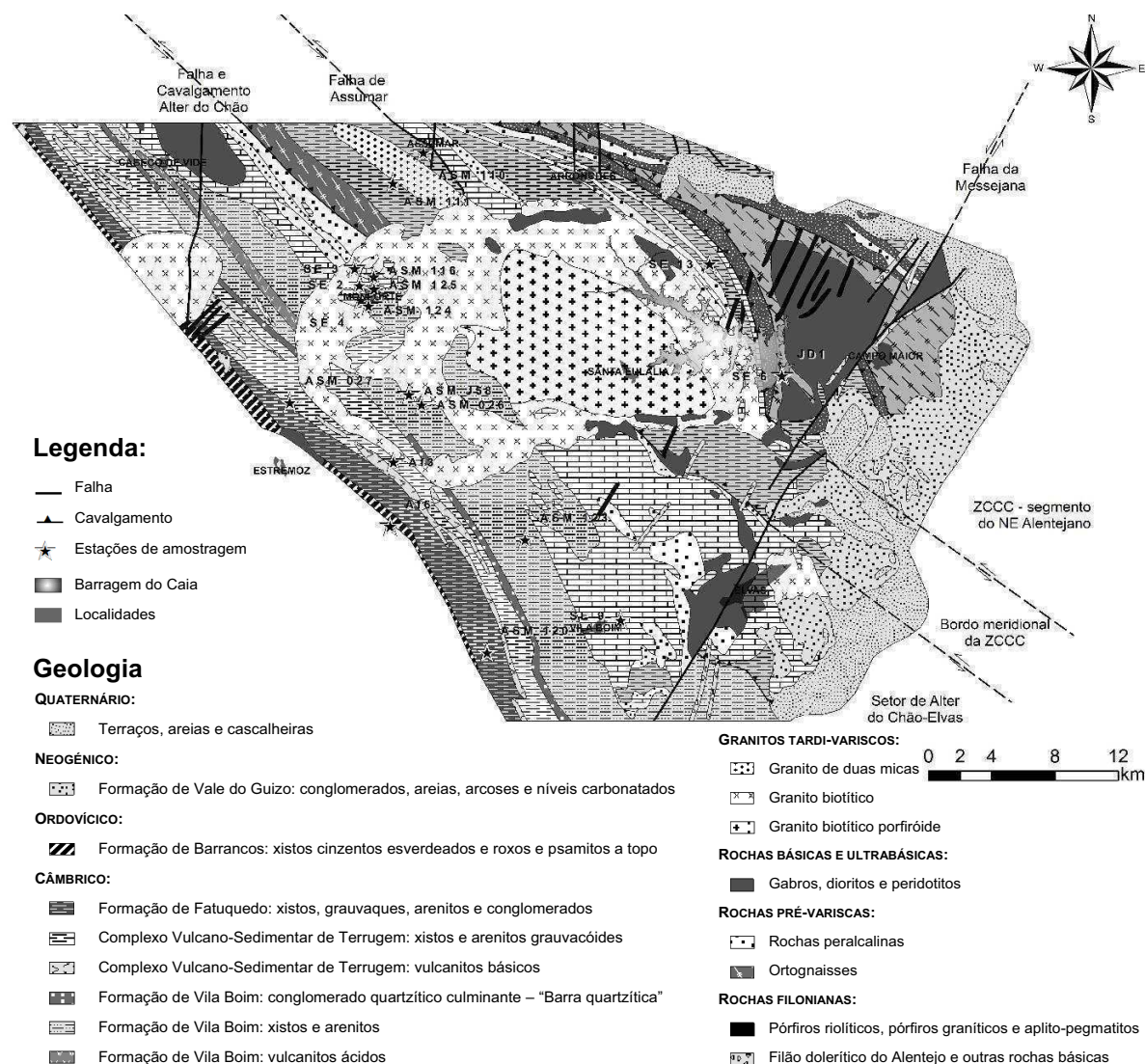
**Key-words:** SEPC, petrography, metamorphic rocks.

### **INTRODUÇÃO**

Do ponto de vista litológico e estrutural, a área envolvente do CPSE é bastante complexa e diversificada. Na figura 1 identificam-se as unidades litológicas assim como alguns dos acidentes presentes nesta área, nomeadamente a NW do CPSE a Falha de Assumar e a Falha e Cavalgamento de Alter do Chão que irão interseccionar a SE a Falha da Messejana.

Segundo Oliveira (1991) os principais setores da ZOM são: a Faixa Blastomilonítica, o setor de Alter do Chão-Elvas, o setor de Estremoz-Barrancos, o setor de Montemor-Ficalho e o setor do Maciço de Beja. Neste estudo será considerada a Faixa Blastomilonítica, equivalente ao que Pereira (2013) designou como Zona de Cisalhamento Coimbra-Córdoba (ZCCC; Segmento do NE Alentejano) e bordo meridional da ZCCC, o setor de Alter do Chão-Elvas e ainda, embora com menos detalhe, o setor Estremoz-Barrancos (Araújo *et al.*, 2013).

Este estudo baseou-se em 18 locais de amostragem (Fig. 1), correspondentes a 23 lâminas delgadas. No que diz respeito às litologias do encaixante estas são compostas por rochas metamórficas, de baixo e alto grau, datadas desde o Proterozoico Superior até ao Paleozoico.



**Figura 5 - Mapa geológico do CPSE e rochas encaixantes com localização das estações de amostragem** (elaborado com base em: Carta Geológica de Portugal à escala 1:500 000; Araújo et al., 2013 e Pereira et al.,

## UNIDADES METASSEDIMENTARES E META-ÍGNEAS

No setor NE da zona de cisalhamento de Alter do Chão, mais precisamente na Zona de Cisalhamento Coimbra-Córdoba (segmento do NE Alentejano e bordo meridional da ZCCC), encontram-se unidades litoestratigráficas de baixo e alto grau metamórfico.

As amostras estudadas nas unidades litoestratigráficas de baixo grau metamórfico, nomeadamente da Série Negra (amostra SE 6a) e da Formação Carbonatada (amostras SE 6b, SE 6c e ASM JD1), são compostas por rochas siliciclásticas e carbonatadas. Adjacente a estas litologias de baixo grau, verifica-se a existência de rochas de alto grau metamórfico e muito tectonizadas, sendo estudadas amostras de litologias pelíticas da Série Negra (amostra ASM 110) e anfibolitos (amostra ASM 111), assim como rochas peralcalinas (SE 13a e SE 13b).

A SW da Falha e Cavalcamento de Alter do Chão destacam-se dois setores: setor de Alter do Chão-Elvas e setor Estremoz-Barrancos. Começando por descrever o setor de Alter do Chão-Elvas, verifica-se uma sequência metassedimentar do Câmbrio e rochas meta-vulcânicas de baixo e alto grau, incluindo rochas quartzo-pelíticas, carbonatadas e rochas vulcânicas.

Todas as amostras estudadas nos *roof pendants* apresentam características de metamorfismo térmico, independentemente das litologias a que pertencem. Assim, destas áreas foram estudados anfibolitos da Série Negra (ASM 125), mármore da Formação Carbonatada (SE 4 e ASM 124) e vulcanitos básicos (SE 2), anfibolitos (ASM 26) e corneanas pelíticas da Formação de Vila Boim (ASM 116 e ASM J58).

Das litologias envolventes a S e a SW foram estudadas amostras da Formação Carbonatada, como anfibolitos (SE 9a), mármore (SE 9b) e vulcanitos ácidos (SE 9c), assim como rochas detríticas da Formação de Vila Boim (vaque quártzico - ASM 123). Relativamente ao Complexo Vulcano-Sedimentar de Terrugem foram estudadas rochas meta-básicas (anfibolito – Af 3.0) e filitos (ASM 27) e da Formação de Fatuquedo uma amostra de rocha meta-ígneia (ASM 120). Por fim, do setor Estremoz-Barrancos, estudou-se um filito (Af 6.0) pertencente à Formação de Barrancos.

### **EFEITOS TÉRMICOS**

Relativamente à proximidade das litologias com o CPSE pode dizer-se que a SW do cavalcamento de Alter do Chão, as rochas do encaixante não apresentam efeitos térmicos, mesmo a curta distância da intrusão granítica, excetuando-se contudo as amostras dos *roof pendants* metassedimentares, onde o efeito térmico é marcado por paragénese e texturas metamórficas/metassomáticas em rochas pelíticas e carbonatadas. Nas primeiras manifesta-se por paragénese com silimanite-fibrolítica e poligonização do quartzo, calcite e plagioclase, assim como pela presença de aspetos de fusão parcial pontual (*pool* de quartzo). Nas segundas manifesta-se por paragénese com vesuvianite, tremolite e epidoto com intensa poligonização da calcite.

No setor a NE da falha encontram-se litologias com efeitos de blastese pós-deformação, não se podendo porém afirmar que estes estejam relacionados exclusivamente com a intrusão do plutão de Santa Eulália. Assim, admite-se que os efeitos térmicos presentes nas amostras ASM 110 e ASM 111 poderão estar relacionados com a proximidade ao granito de duas micas ou, no caso da ASM 111 poderão eventualmente dever-se a uma circulação de fluidos hidrotermais ao longo da falha de Assumar. Já no que diz respeito às amostras SE 13a e SE 13b, admite-se que o efeito térmico manifestado pela textura granoblástica heterogranular, recristalização (poligonização do quartzo e plagioclase) e/ou blastese de biotite deverá ser resultante de efeitos hidrotermais associados às anisotropias subverticais presentes neste local.

Tanto a este como a oeste do CPSE, existem filitos e quartzo-filitos, pertencentes à zona da clorite, sem evidência de recristalização por efeitos térmicos, mesmo que se localizem a poucos metros da

intrusão granítica. Foram observados microfilonetes milimétricos (2 mm de espessura) de afinidade granítica (quartzo, biotite, clorite e apatite), concordantes com a foliação em quartzo-filitos e sem apresentar quaisquer efeitos térmicos nos bordos. As rochas carbonatadas, que afloram perto da fronteira ESE do CPSE também não evidenciam qualquer efeito térmico pós-tectónico.

Estes resultados destacam que os efeitos térmicos da intrusão do CPSE nas rochas encaixantes estão maioritariamente associados aos *roof pendants*, e os efeitos metassomáticos estão presentes apenas nas rochas carbonatadas.

## CONCLUSÃO

O estudo de litologias com idênticos protólitos no encaixante pôs em evidência que os efeitos térmicos da intrusão do CPSE apenas foram significativos nos *roof pendants* metassedimentares.

A análise petrográfica mostrou que quer no bordo este quer no bordo oeste do CPSE as rochas encaixantes não evidenciam um efeito térmico significativo, pelo que muitas das amostras meta-ígneas ainda preservam as suas características ígneas no que diz respeito à textura e composição mineralógica. Por outro lado, nos *roof pendants* do setor ocidental do CPSE o efeito térmico já é visível tanto nas rochas quartzo-pelíticas como nos mármore, sendo este evidenciado sobretudo pela poligonização do quartzo, calcite e/ou plagioclase, verificando-se ainda, indícios de um *pool* de quartzo a envolver a plagioclase (amostra ASM 116).

Importa referir que as amostras ASM 110, ASM 111, SE 13a e SE 13b, apesar de manifestarem características texturais e blastese e/ou recristalização próprias de um metamorfismo térmico, este não estará necessariamente associado à intrusão do CPSE. Assim, essas características poderão dever-se à intrusão do granito de duas micas, no caso das amostras ASM 110 e ASM 111 ou, eventualmente à circulação de fluidos hidrotermais na Falha de Assumar. Relativamente às amostras SE 13a e SE 13b, deverá ser resultante de efeitos hidrotermais associados às anisotropias subverticais próximo do extremo ESE do CPSE.

## Agradecimentos

Este trabalho é financiado pelo projeto: PTDC/CTE-GIX/099447/2008 (FCT-Portugal, COMPETE/FEDER).

## Bibliografia

- ARAÚJO, A., PIÇARRA ALMEIDA, J., BORREGO, J., PEDRO, J., & OLIVEIRA, J. T. (2013). As regiões central e sul da Zona de Ossa Morena. Em R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha, & J. C. Kullerberg, *Geologia de Portugal, Volume I- Geologia Pré-mesozóica de Portugal* (pp. 509-549). Lisboa: Escolar Editora.
- Carta Geológica de Portugal à escala 1:500 000. LNEG. Obtido em Fevereiro de 2013, de GeoPortal: <http://geoportal.lneg.pt/arcgis/rest/services/CGP500K/MapServer>.
- OLIVEIRA, J.T.; OLIVEIRA, V.; PIÇARRA, J.M. (1991). Traços gerais da evolução tectono-estratigráfica da Zona de Ossa Morena, em Portugal. *Cuad. Lab. Xeol. de Laxe*, 221-250.
- PEREIRA, M. F.; SILVA, J. B.; SOLÁ, A.R.; CHICHORRO, M. (2013). Nordeste Alentejano. Em R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha, & J. C. Kullerberg, *eologia de Portugal, Volume I- Geologia Pré-mesozóica de Portugal* (pp. 493-508). Lisboa: Escolar Editora.

## ***Geological, petrographic and geochemical peculiarities of a diatexitic granite (Pedregal Granite, NW Portugal)***

*Peculiaridades geológicas, petrográficas e geoquímicas de um granito diatexitico (Granito do Pedregal, NW Portugal)*

J.A. Ferreira<sup>1\*</sup>, H.C.B. Martins<sup>1</sup>, M.A. Ribeiro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> DGAOT, Centro de Geologia, F.C. da Universidade do Porto, 4169-007 Porto, Portugal

\* joana.alexandra.ferreira@gmail.com

**Abstract:** The Pedregal granite is exposed in the Central Iberian Zone, northern Portugal, in the eastern border of a synorogenic variscan granite-migmatite complex sub-concordant with the regional structures. It is a small body (ca 3km<sup>2</sup>) with an elongated NW-SE shape, that intruded in staurolite-micaschist and banded gneiss-migmatite rocks, with local igneous breccias in the contact. The country rocks belong to a metapelitic sequence of Edicarian-Cambrian age, known as the “Complexo Xisto-Grauváquico” (CXG) which shows a main foliation NW-SE to NNW-SSE direction. The country rocks and the Pedregal granite are often cutted by pegmatite veins, which are mostly concordant with the main foliation. The Pedregal granite shows peculiar features that are unusual in synorogenic granites.

**Key-words:** Granite, Diatexitite, Zr content, LREE

**Resumo:** O granito do Pedregal aflora na Zona Centro Ibérica, noroeste de Portugal, no bordo oriental do complexo granito-migmatítico sinorogénico varisco, sendo subconcordante com as estruturas regionais. O granito do Pedregal corresponde a um pequeno corpo granítico (cerca 3km<sup>2</sup>) alongado na direção NW-SE, que intrui micaxistos estaurolíticos, rochas gnaisso-migmatíticas bandadas, e, localmente, contacta com brechas ígneas. As rochas encaixantes pertencem à sequência metapelítica de idade Edicariana-Câmbrica designada por Complexo Xisto-Grauváquico (CXG), que evidencia uma foliação principal com direção NW-SE e NNW-SSE. Frequentemente, as rochas encaixantes e o granito do Pedregal são cortados por veios pegmatíticos normalmente concordantes com a foliação principal. O granito do Pedregal mostra características atípicas que não são comuns nos granitos sin-orogénicos.

**Palavras-chave:** Granito, Diatexitito, Teor em Zr, ETRL

### **INTRODUCTION**

The petrogenetic characterization of granitic rocks in orogenic context, namely in the variscan orogen, and its spatial association with thermal gneiss-migmatitic domes has been recently demonstrated and defended combining geological, geochemical, isotopic and geochronological data (Brown, 2001; Vanderhaeghe, 2009; Bento dos Santos *et al.*, 2010; Valle Aguado *et al.*, 2010; Ribeiro *et al.*, 2011). Regarding the NW sector of Portugal, during the 1950/60's decades Carlos Teixeira referred the existence of migmatitic rocks associated to the “Oporto Granite” which is a two-mica syntectonic granite (Carrington da Costa and Teixeira, 1957). Recently, the studied lithology was named as “Pedregal granite” by Ribeiro *et al.* (2008). A relationship with the associated migmatitic rocks and the syntectonic granites of the region can be advocated.

### **GEOLOGICAL SETTING**

The studied granite is mapped on the Geological Map of Portugal scale 1/50.000 (9C-Porto) (Carrington da Costa and Teixeira, 1957) as an alkaline two-mica granite. The Pedregal granite is a NW-SE elongated granite body (*ca* 3 km<sup>2</sup>) that is exposed on the north margin of the Douro river. This rock is intruded in staurolitic micaschists that belong to a metapelitic sequence of Edicarian-Cambrian age known as the “Complexo Xisto-Grauváquico” (CXG). The Pedregal granite body is spatially associated with others synorogenic granites. The country rocks are also represented by gneiss-migmatite rocks, and, occasionally, the contact is marked by igneous breccias with gneiss-migmatite rocks as lithic fragments and the Pedregal granite as matrix.

The Pedregal granite is a fine to medium-grained two mica granite, with small biotitic nodules (1 to 2cm) (Fig. 1a and 1b) that present an internal foliation whose direction ranges between NE-SW and E-W. Metasedimentary xenoliths are also present (Fig.1c) and locally have a preferential orientation.

### PETROGRAPHY

The mineral assemblage of the Pedregal granite consists of quartz + biotite + plagioclase + K-feldspar + zircon + apatite + monazite + rutile ± sillimanite ± allanite, and secondary muscovite. Furthermore associated to the secondary muscovite and sillimanite occurs a Zn-rich hercynite. This granite has a holocrystalline fine to medium-grained texture (Fig.2a and 2b). The quartz is subhedral to anhedral, and when included in others minerals assumes a globular shape. Frequently, the quartz crystals show inclusions of sillimanite and rutile needles (Fig.3c). There are two generations of muscovite: an early subhedral muscovite with symplectitic borders, with quartz intergrowth and quartz droplet inclusions (Fig.3a); and a later euhedral muscovite, with anomalous birefringence and sillimanite inclusions. The zircon and hercynite inclusions are present in both types of muscovite (Fig. 3b and 3d). The plagioclase is mainly albitic in composition. The plagioclase is more abundant than K-feldspar, although the later crystals has greater dimensions. The biotite is mostly subhedral and contains small zircon inclusions. Biotite is often chloritized, presenting rutile needles. Rare small grains of rounded biotite are associated to the first generation of muscovite.

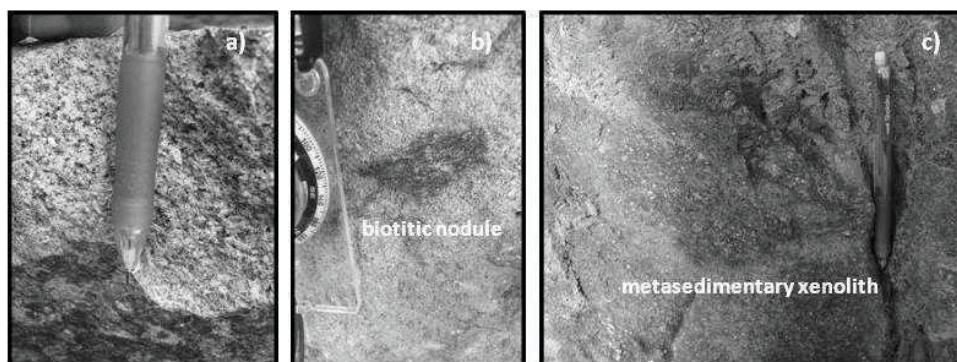


Fig. 3 – Macroscopic features of the Pedregal granite: a) macroscopic texture; b) biotitic nodule; c) metasedimentary xenolith.



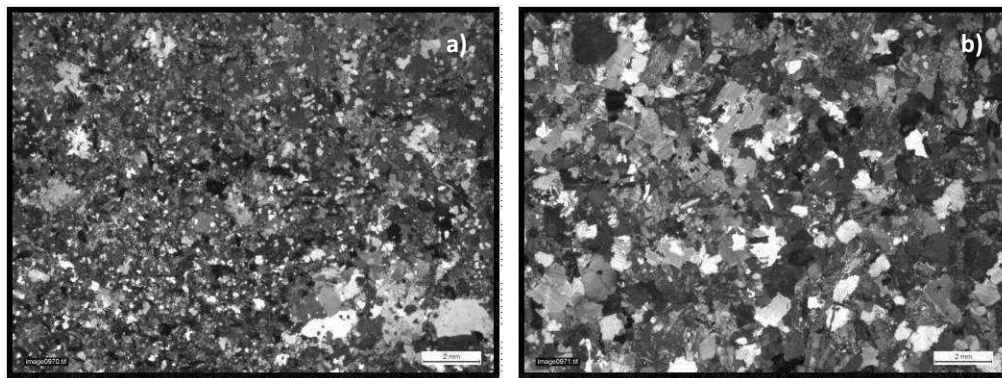


Fig. 2 – Microscopic texture variations of the Pedregal granite: a) fine-grained texture; b) medium-grained texture.

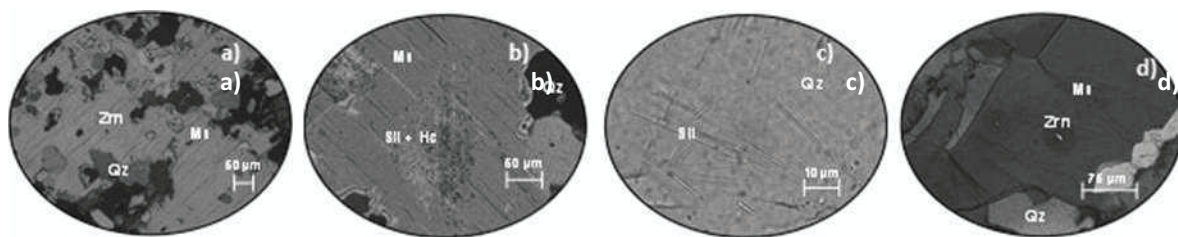


Fig. 3 – Microphotographies of the Pedregal granite.

## GEOCHEMISTRY

The preliminary geochemical data show that Pedregal granite is peraluminous ( $A/CNK$  ranges from 1.18 to 1.62), with a magnesian, and alkali to alkali-calcic signature according to Frost *et al.* (2001). The geochemistry results show low values of  $SiO_2$  (65 to 69 wt%), high content of Zr (389 to 435 ppm) (Fig. 4a). The Zr content is explained by the abundance of zircon inclusions in muscovite and biotite. Zircon occurs also dispersed in the rock. The granite has high REE content, with a non fractionated LREE pattern between La and Nd, a strong fractionated patterns between Nd and Eu, a high negative Eu anomaly and HREE (Tb-Lu) fractionation similar to the associated two-mica granite (Ferreira *et al.*, 2010) (Fig. 4b). The lack of LREE fractionation could be explained by the presence of monazite.

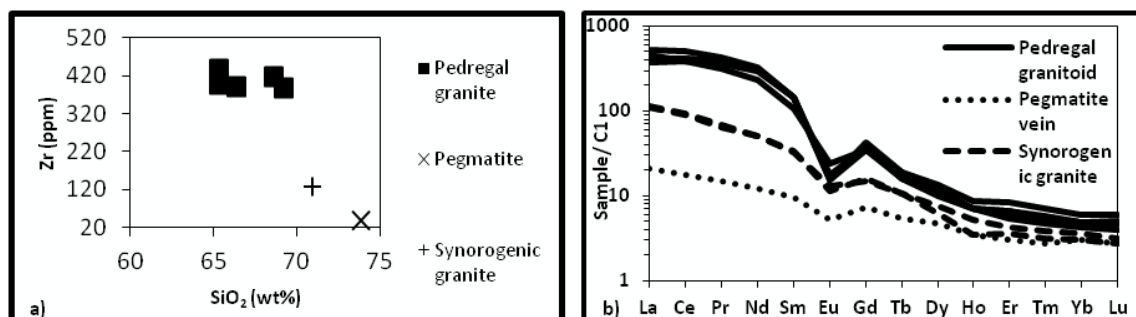


Fig.4 – a) REE normalized patterns for Pedregal granite and associated pegmatites and synorogenic granites; b) Diagram Zr (ppm) versus  $SiO_2$  (wt%), samples of Pedregal granite (P1 to P7) and associated pegmatites and synorogenic granite.

## CONCLUSION

Taking into account the following features: (i) the intrusive character of Pedregal granite in the border of a synorogenic variscan granite-migmatite complex; (ii) the lithology of the host rocks consisting of staurolite-micaschist and banded gneiss-migmatite rocks; (iii) the peculiar structural/textural aspects of the granite, namely the abundance of small foliated biotitic nodules and textural reequilibrium in solid state; (iv) the geochemical composition, in particular the trace elements content (Zr and REE), the Pedregal granite characteristics point out to a primary diatexite resulting from a restite-rich magma (Vernon and Clarke, 2008).

**Acknowledgements:** This work has been financially supported by Pest-OE/CTE/UI0039/2011 and is integrated in GEOREMAT-CGUP activities.

## References

- BENTO DOS SANTOS, T., RIBEIRO, M.L., CLAVIJO, E., DÍEZ MONTES, A., SOLÁ, A.R. (2010). Estimativas geotermobarométricas e percursos P-T de migmatitos dos Farilhões, arquipélago das Berlengas, Oeste de Portugal. *Revista Eletrónica de Ciências da Terra, Geosciences On-line Journal, e-Terra*, <http://e-terra.geopor.pt>. ISSN 1645-0388; 16, 11.
- BROWN, M. (2001). Orogeny, migmatites and leucogranites: a review. *Proceedings of the Indian Academy of Sciences. A Earth and Planetary Sciences* 110, 4, 313-336.
- CARRINGTON DA COSTA, J. & TEIXEIRA, C. (1957). Carta Geológica de Portugal, na escala 1/50.000, Notícia Explicativa da Folha 9-C, Porto. Serviços Geológicos de Portugal, 39p.
- FERREIRA, P., RIBEIRO, M.A., VASCONCELOS, C. (2010). Geoquímica de litologias ígneas e metamórficas da zona costeira de Vila do Conde (NW de Portugal). *Estudos Preliminares. X Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa, XVI Semana da Geoquímica. Memórias nº 14*, 115-124.
- FROST, B.R., BARNES, C.G., COLLINS, W.J., ARCULUS, R.J., ELLIS, D.J., FROST, C.D. (2001). A geochemical classification for granitic rocks. *Journal of Petrology*. 42, 2033-2048.
- RIBEIRO, M.A., DÓRIA, A., SANT'OVAIA, H. (2008). Relações entre deformação, magmatismo e metamorfismo na região oriental do maciço do Porto. In: Sant'Ovaia, H., Dória, A. & Ribeiro, M.A. (eds), "GGET'08 – 8ª Conferência Anual, 24-25 de Julho" – Resumos alargados, *Memórias nº 13*, Univ. Porto, Faculdade de Ciências, Departamento de Geologia, 39-43.
- RIBEIRO, M.A., SANT'OVAIA, H., DÓRIA, A. (2011). Litologias gnaisso-migmatíticas da faixa Lavadores-Madalena: possível significado das paragénese com hercinite. *Simpósio Modelação de Sistemas Geológicos*, 343-351.
- VALLE AGUADO, B., AZEVEDO, M.R., SANTOS, J.F., NOLAN, J. (2010). O Complexo Migmatítico de Mundão (Viseu, norte de Portugal). *Revista Eletrónica de Ciências da Terra, Geosciences On-line Journal, e-Terra*, <http://e-terra.geopor.pt>. ISSN 1645-0388; 16, 9.
- VANDERHAEGHE, O. (2009). Migmatites, granites and orogeny: Flow modes of partially-molten rocks and magmas associated with melt/solid segregation in orogenic belts. *Tectonophysics*, 477, 119–134.
- VERNON, R.H. & CLARKE, G.L. (2008). *Principles of Metamorphic Petrology*. Cambridge University Press. 446p.



## ***Caracterização petrológica e geoquímica dos basaltos (s.l.) submarinos da Bacia de Hirondele (Rifte da Terceira)***

*Petrological and geochemical characterization of the Hirondele Basin's submarine basalts  
(Terceira Rift)*

C. Farinha<sup>1\*</sup>, N. Vieira<sup>1</sup>, J. Mata<sup>2</sup>, P. Madureira<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Departamento de Geologia

<sup>2</sup> Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Departamento de Geologia ; Centro de Geologia da Universidade de Lisboa

<sup>3</sup> Estrutura de Missão para a Extensão da Plataforma Continental (EMEPC); Departamento de Geociências da Universidade de Évora; Centro de Geofísica de Évora

\* catiandreia\_mf@hotmail.com

**Resumo:** Recorrendo a um conjunto de lâminas delgadas e análises químicas (elementares e isotópicas) obtidas para um conjunto de dezasseis amostras, bem como algumas análises de química mineral, fornecidas pelo EMEPC (Estrutura de Missão para a Extensão da Plataforma Continental) foi realizado um estudo preliminar de índole petrológica e geoquímica com o intuito de avaliar a natureza, origem e evolução dos basaltos (s.l.) submarinos da Bacia de Hirondele. Foi possível concluir que as rochas estudadas, de carácter alcalino, derivam de magmas já com algum grau de evolução e que refletem, também a ocorrência de vários episódios distintos de fusão parcial e uma fonte mantélica para a qual contribuíram termos finais de tipo DMM, HIMU e D. João de Castro.

**Palavras-chave:** Rifte da Terceira; Bacia de Hirondele; Petrologia; Geoquímica

**Abstract:** Using thin sections and elementary and isotopic chemical analysis for a set of sixteen rock samples, as well as some mineral chemical analyses, provided by EMEPC (Task Group for the Extension of the Continental Shelf), a preliminary petrological/geochemical study was carried out to infer about the nature, origins and evolution of the Hirondele Basin's submarine basalts. It was possible to recognize that the studied rocks are alkaline and do derive from primary magmas also reflecting the occurrence of several distinct episodes of partial melting of a mantle source for which contributed the mantle components DMM and HIMU, as well as the local end-member D. João de Castro.

**Key-words:** Terceira Rift; Hirondele Basin; Petrology; Geochemistry

### **INTRODUÇÃO**

O presente trabalho tem como principal objectivo o estudo/caracterização preliminar da petrologia e geoquímica dos basaltos (s.l.) submarinos da bacia de Hirondele (Rifte da Terceira; Açores).

Para a realização deste estudo foram-nos fornecidas, pela EMEPC (Estrutura de Missão para a Extensão da Plataforma Continental), lâminas delgadas e análises químicas elementares e isotópicas de dezasseis amostras de basaltos (s.l.), bem como algumas análises de química mineral. Recorrendo a estes dados, pretendeu-se fazer uma caracterização geral das amostras, com base na geoquímica e na petrologia, com o intuito de avaliar a natureza e origem destes basaltos, tendo em vista perceber se estes resultam de magmatismo típico de crista média ou se estará associado à ascensão da pluma mantélica que se julga estar na origem do magmatismo dos Açores (Madureira *et al.*, 2011).

A importância dos processos de evolução magmática será também avaliada, assim como a existência de variações nas percentagens de fusão parcial. Trabalhos recentes (Beier *et al.*, 2008; Madureira *et al.*, 2011) puseram em evidência a extrema heterogeneidade do magmatismo açoriano. A composição dos basaltos da Bacia de Hirondelle será avaliada à luz dos componentes mantélicos identificados por esses autores.

### **Petrografia e Geoquímica**

De um ponto de vista petrográfico, verificou-se que as amostras de basaltos da Bacia de Hirondelle apresentam, no geral, textura porfírica, onde se observa a existência de fenocristais no seio de uma matriz afanítica em que as proporções de matriz e vidro são altamente variáveis (hialocristalinas a holohialinas).

As referidas texturas implicam a ocorrência de duas fases de cristalização distintas durante o processo de arrefecimento experimentado pelos magmas. Uma intratélúrica, caracterizada por arrefecimento lento e baixas taxas de nucleação, que resultou na formação da geração fenocristalina, e outra que terá decorrido aquando da extrusão magmática, em ambiente submarino, dando origem à matriz (arrefecimento rápido com elevadas taxas de nucleação).

É ainda de referir o carácter vesicular de todas as amostras. As vesículas são heterométricas e assumem, em lâmina delgada, formas circulares que permitem considerá-las de tendência esférica.

A geração fenocristalina é dominada pela piroxena, cuja cristalização terá sido precedida pela de olivina mas antecedido a de plagioclase, numa clara indicação do carácter alcalino destas rochas. A matriz é dominada por estes minerais e ainda feldspato alcalino e vidro vulcânico.

O carácter alcalino dos magmas que deram origem a estas rochas é também suportado pelo quimismo das piroxenas que se caracterizam por teores em  $\text{TiO}_2$  relativamente elevados (até 4,77%) e por evidência (alta  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e baixa  $\text{SiO}_2$ ) para a ocorrência da substituição Tschermakítica.

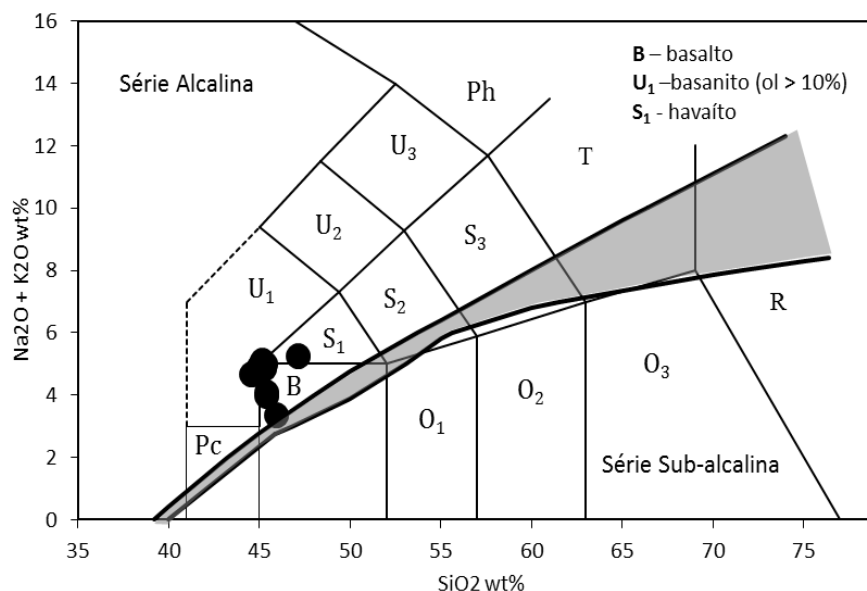
Do ponto de vista geoquímico pode-se afirmar que as amostras não derivam de magmas primários, uma vez que não preenchem os requisitos propostos, por exemplo, por Wilson (1989), para caracterizar magmas gerados pela fusão parcial do manto superior e cujas composições não terão sido modificadas, subsequentemente, por processos de evolução (cristalização fraccionada, contaminação crustal, mistura de magmas, imiscibilidade magmática e perda de voláteis). De um modo geral, os magmas primários em equilíbrio com a mineralogia típica do manto superior apresentam valores de #Mg elevados ( $>0,7$ ), teores em Ni  $> 400 - 500$  ppm, enquanto que as amostras da Bacia de Hirondelle se caracterizam por valores de #Mg  $< 0,7$  e Ni  $< 234$  ppm, o que indicando não serem as rochas estudadas representativas de magmas primários, aponta também para o carácter pouco evoluído dos mesmos.

Os basaltos de Hirondele são enriquecidos relativamente aos condritos em elementos incompatíveis como as terras raras que se encontram significativamente fraccionadas, como se pode ver pelas razões das terras raras leves relativamente às médias  $[(La/Sm)_N = 2,77 \text{ a } 3,48]$  e às pesadas  $[(La/Yb)_N = 13,23 \text{ a } 17,18]$ , o que é típico de magmas alcalinos. É ainda possível evidenciar este quimismo pelo facto de todas as amostras

se caracterizarem pela presença de nefelina normativa, bem como pelo seu posicionamento no diagrama TAS (Fig.1).

No que diz respeito aos isótopos, foram analisadas apenas oito amostras. O estudo destes diz-nos que os magmas que lhes deram origem provêm de uma fonte mantélica que se caracteriza por um empobrecimento integrado no tempo em termos das razões Rb/Sr e Sm/Nd, tendo no entanto sofrido incremento da razão U/Pb que explica o posicionamento das amostras à direita da Geócrona (veja-se por exemplo Dickin, 2005).

Através dos dados isotópicos de  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  e  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  (Fig. 2) pode verificar-se que os basaltos da bacia de Hirondele apresentam assinaturas isotópicas que evidenciam a contribuição de vários componentes mantélicos, suportando a existência de uma mistura envolvendo a presença, em proporções variáveis, dos componentes DMM e HIMU e ainda de um terceiro “end-member”, que é o que, segundo Beier et al. (2008), será dominante na fonte dos magmas na origem do monte submarino D. João de Castro. A presença de assinaturas de tipo HIMU é fortemente sugestiva da presença na fonte mantélica dos basaltos (s.l.) de Hirondele de materiais crostais (oceânicos) reciclados.



**Fig. 4– Diagrama Sílica-Alcalis Total (TAS) em base anidra. Campos composicionais segundo Le Bas et al. (2002). A área a sombreado separa as rochas alcalinas das sub-alcalinas (Rickwood, 1989). Todas as amostras que se projectam no campo B possuem nefelina normativa: basaltos alcalinos; todas as amostras que se projectam no campo U<sub>1</sub> possuem olivina normativa > 10% - basanitos. As amostras que se projectam no campo S<sub>1</sub>**

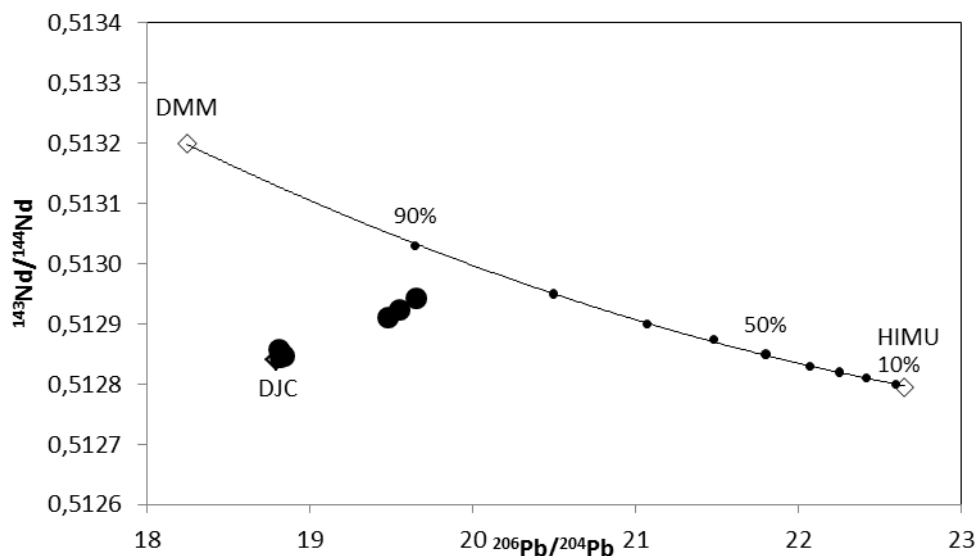


Fig. 2 – Projecção das lavas da Bacia de Hirondele no diagrama isotópico Pb-Nd, evidenciando a mistura entre os dois componentes mantélicos (HIMU e DMM) e o componente da fonte das lavas do banco de D. João de Castro (DJM). Valores das projecções do HIMU, DMM e DJC adaptados de Madureira et al. (2011).

## CONCLUSÃO

Com base no estudo petrográfico podemos inferir que a sequência de cristalização das principais fases silicatadas foi olivina, piroxena e, por último, plagioclase, sequência típica de cristalização dos basaltos alcalinos. Este carácter é reforçado pelo quimismo das rochas.

As amostras estudadas não derivaram de magmas primários, evidenciando valores de #Mg e concentrações em Ni que indicam ter resultado de magmas que já tinham sofrido fraccionação.

As razões isotópicas algo variáveis permitem concluir sobre a heterogeneidade da fonte mantélica dos basaltos de Hirondele, o que reflecte diferentes contribuições de termos finais de tipo DMM, HIMU e D. João De Castro.

## Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado no âmbito da disciplina de “Projecto” do 4º ano da Licenciatura em Geologia ministrada pelo Departamento de Geologia da FCUL. Agradecemos à EMEPC (Estrutura de Missão para a Extensão da Plataforma Continental) a confiança manifestada ao fornecer-nos as lâminas delgadas, as análises químicas elementares e isotópicas que tornaram a realização deste trabalho possível.

## Bibliografia

- Beier, C., Karsten, H. M., Krienitz, M.-S., Abouchami, W., & Hauff, F. (2008). Magma genesis by rifting of oceanic lithosphere above anomalous mantle: Terceira Rift, Azores. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 402 - 418.
- Dickin, A.P. (2005). *Radiogenic Isotope Geology*. Cambridge
- Madureira, P., Mata, J., Mattielli, N., Queiroz, G., & Silva, P. (2011). Mantle source heterogeneity, magma generation and magmatic evolution at Terceira. *Elsevier*, 402 - 418.
- Rickwood, P. C. (1989). Boundary Lines Within Petrologic Diagrams Which Use Oxides of Major and Minor Elements (pp. 247 - 263).
- Wilson, M. (1989). In *Igneous Petrogenesis - A Global Tectonic Approach* (p. 466). Springer.

# ***Causas da variabilidade composicional das rochas filoneanas do Maciço Eruptivo de Sines: cristalização fraccionada e fusão parcial***

*Causes for the compositional range of the dike rocks of the Sines Eruptive Massif: fractional  
crystallization and partial fusion*

P. Quelhas<sup>1\*</sup>, L. Martins<sup>2</sup>, J. Mata<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Lisboa (Faculdade de Ciências), Departamento de Geologia, Campo Grande C6 1749-016 Lisboa Portugal

<sup>2</sup> Universidade de Lisboa (Faculdade de Ciências), Departamento de Geologia, Centro de Geologia da Universidade de Lisboa, Campo Grande C6 1749-016 Lisboa Portugal

\* [pmquelhas@fc.ul.pt](mailto:pmquelhas@fc.ul.pt)

**Resumo:** Neste trabalho discutem-se os processos que estiveram na base da variabilidade composicional da rede filoniana do Maciço Eruptivo de Sines (MES), utilizando para isso dados de elementos incompatíveis. Demonstra-se que a diversidade litológica/composicional observada resulta de um processo de cristalização fraccionada sem intervenção significativa de assimilação crustal. Variações na percentagem de fusão contribuíram também para a referida variabilidade.

**Palavras-chave:** Rede filoniana; maciço eruptivo; elementos incompatíveis; cristalização fraccionada.

**Abstract:** The aim of this work is to discuss the processes at the origin of the lithological/chemical variability depicted by the dike swarm of the Sines Eruptive Complex, using trace element data. The geochemical treatment of these data allowed to explain the lithological and compositional range of the dikes as a result of fractional crystallization, without significant contribution from continental crust. Part of the geochemical variability was constrained by variation of the partial melting extent.

**Key-words:** Dike swarm; eruptive massif; incompatible elements; fractional crystallization.

## **INTRODUÇÃO**

O estudo das rochas magmáticas filoneanas apresenta, relativamente ao das rochas plutónicas grosseiras, a vantagem de melhor representarem a composição dos líquidos magmáticos em virtude de, para a sua génese, os processos de acumulação terem desempenhado um papel menos significativo. Com o intuito de complementar os trabalhos prévios (Canilho, 1971; Canilho, 1989; Martins e Olivença, 1998), que incidiram preferencialmente nas rochas plutónicas, e de contribuir para a compreensão dos processos que levaram à variabilidade litológica/geoquímica do MES, o presente trabalho foca-se particularmente nas rochas da rede filoniana associada.

## **GEOLOGIA DO COMPLEXO DE SINES**

O MES corresponde a um complexo ígneo, de instalação subvulcânica, de forma elíptica com orientação E-W e uma área emersa de cerca de 33 km<sup>2</sup> (e.g. Miranda, 2010). Do ponto de vista litológico é constituído por um núcleo gabro-diorítico circundado por sienitos quartzíferos. É

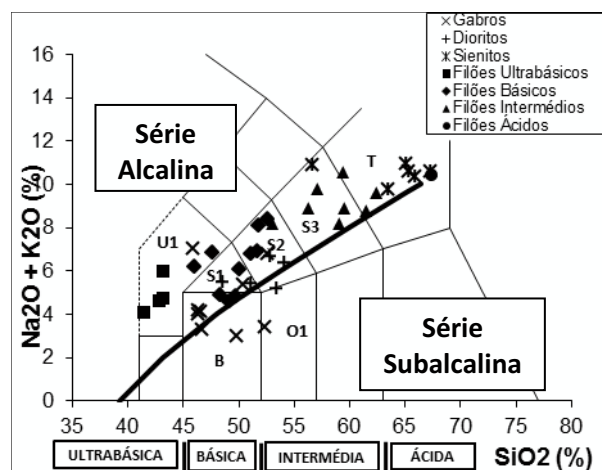
atravessado por uma densa rede filoneana de composição variada. Ao longo da sua fronteira Norte, o complexo intrui os calcários do Jurássico Superior, pertencentes à bacia Mesozóica de Santiago do Cacém, enquanto que no bordo Sul contacta com os meta-sedimentos turbidíticos do Carbónico, pertencentes à Formação da Mira (Inverno et al., 1993).

## PETROGRAFIA E GEOQUÍMICA

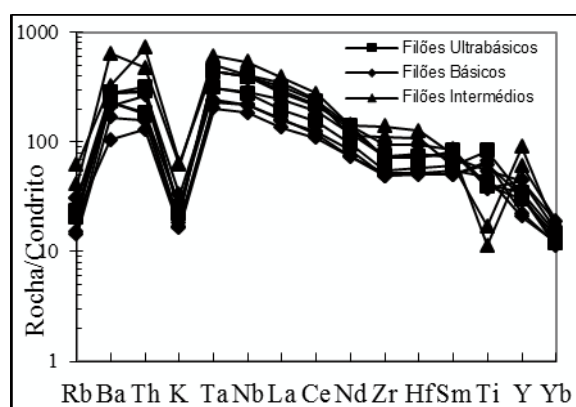
A densa rede filoneana associada ao maciço apresenta composições que, em termos de sílica, variam de ultrabásicas a ácidas (Fig. 1).

As amostras apresentam texturas essencialmente porfíricas. Os filões ultrabásicos (basanitos), apresentam fenocristais de olivina e de augite numa matriz constituída por olivina, augite, plagioclase, óxidos, anfíbola e biotite. Os filões básicos (doleritos) apresentam textura microfanerítica e observa-se olivina, augite e plagioclase (que se articulam de forma subofítica) e óxidos. Nos filões intermédios (traquiandesitos), a geração fenocrystalina é constituída por augite e plagioclase e uma matriz com augite, plagioclase, biotite e óxidos. Quanto aos filões ácidos (traquitos), apresentam fenocristais de plagioclase e uma matriz com plagioclase, feldspato alcalino, quartzo, epídoto e esfena.

A análise do diagrama TAS (Fig. 1) permite constatar que todas as amostras filoneanas se projectam no campo da série alcalina, em oposição a algumas das rochas plutónicas gabróicas (veja-se Fig. 1 e Martins e Olivença, 1998) que, provavelmente, por efeito de processos de acumulação, se projectam no campo sub-alcalino.



**Fig. 1** Diagrama TAS (Le Bas et al., 1986) para as rochas vulcânicas e plutónicas do Maciço Eruptivo de Sines, com a simbologia dos campos classificativos: U1 – Basanitos (ol>10%), B – Basaltos, O1 – Basaltos Andesíticos, S1 – Havaiitos, S2 – Mugearitos, S3 – Benmoreitos, T – Traquitos (Q<20%).

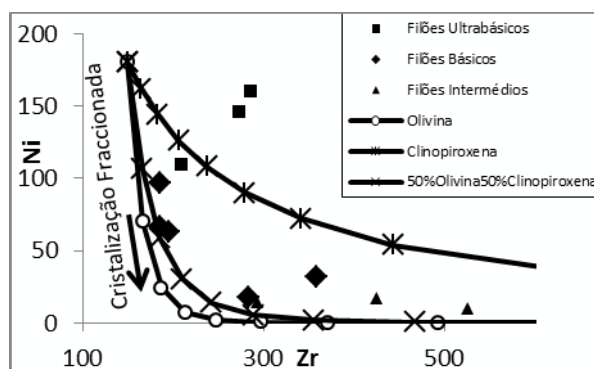


**Fig.2** Padrão de elementos incompatíveis de rochas filonianas do Maciço Eruptivo de Sines, normalizado para valores condriticos de McDonough e Sun (1995).

A geoquímica das rochas filoneanas mostra que estas são enriquecidas em elementos incompatíveis e, no seu conjunto, apresentam padrões similares marcados por significativas anomalias negativas

de K e enriquecimento de Ta e Nb relativamente às terras raras (Fig. 2). No entanto, as rochas mais evoluídas caracterizam-se também por anomalias negativas de Ti.

Tendo em conta que o MES intrui formações supra-crostais, importa averiguar se processos de contaminação crostal poderão ser a causa de tais anomalias e de, como tal, terem contribuído para a variabilidade química da rede filoneana. Considerando que as rochas crostais são normalmente caracterizadas por anomalias significativas de Nb e Ti (Rudnick, 2010), que as rochas aqui em estudo não têm anomalias de Nb e que se encontram empobrecidas em K, a referida depleção de Ti nas rochas mais evoluídas é explicável pela fraccionação de óxidos de Fe e Ti (titanomagnetite, s.l.) em fases precedentes da evolução do líquido magmático, empobrecendo-o neste elemento.



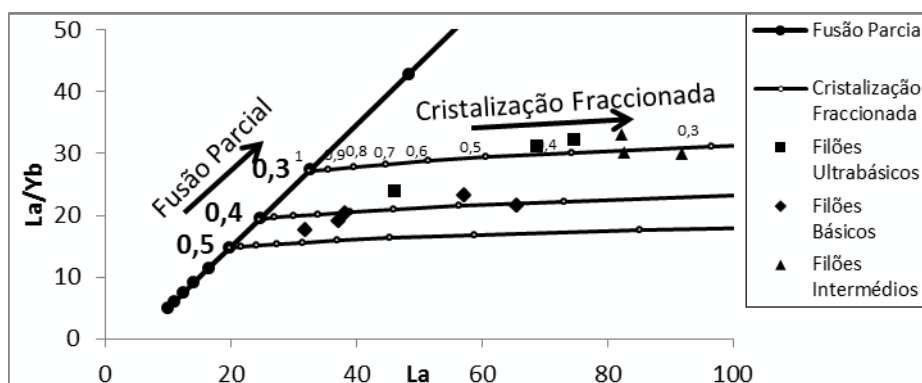
**Fig.3** Influência da cristalização fraccionada da Olivina, Clinopiroxena e de uma mistura de Olivina+Clinopiroxena nas tendências evolutivas dos filões do MES.

A pouca importância dos processos de contaminação é por outro lado reforçada pela “constância” das razões entre elementos incompatíveis (eg:  $\text{La/Nb} = 0,76 \pm 0,07$ ) o que sugere que a variação composicional das amostras em estudo se deva essencialmente ao processo de cristalização fraccionada. Já as baixas concentrações em Sr de algumas rochas mais diferenciadas ( $\text{Sr} < 600$  ppm), em comparação com as que as precedem em termos de grau de evolução ( $\text{Sr} > 750$  ppm), deve-se à fraccionação de plagioclase, numa fase em que a fraccionação de olivina e piroxena já não seria importante. A fraccionação destes dois silicatos ferromagnesianos terá predominado durante as fases iniciais do processo de fraccionação, como sugerem as curvas de fraccionação apresentadas na (Fig. 3).

A “constância” das razões La/Nb apontam para o comagmatismo das rochas filoneanas do MES. No entanto, interessando investigar a possível existência de múltiplos episódios de fusão parcial e tendo em atenção que a referida razão não é afectada de forma significativa por variações nas percentagens de fusão, recorreu-se à razão La/Yb. O gráfico La/Yb vs La (Fig. 4) pretende mostrar a variabilidade de tendências evolutivas em termos de cristalização fraccionada em função dos vários graus de fusão. Da modelação efectuada conclui-se que diferentes graus de fusão parcial de uma fonte homogénea podem gerar grandes variações dos valores da razão La/Yb em simultâneo com

uma variação menos significativa dos teores em La, verificando-se o contrário com os processos de cristalização fraccionada.

A variação de La/Yb em função de La nas amostras estudadas é compatível com a sobreposição dos processos de cristalização fraccionada à ocorrência de variados episódios de fusão parcial.



**Fig. 4** Variabilidade de tendências evolutivas em termos de cristalização fraccionada e vários graus de fusão parcial. Na modelação considerou-se 55%Ol+25%Opx+15%Cpx+5%Gt como paragénesis residual dos processos de fusão e 50%Ol+30%Cpx+20%Plag como paragénesis fraccionante.

## CONCLUSÕES

As rochas filonianas do MES apresentam um quimismo alcalino, que contrasta com algumas das rochas plutónicas gabróicas que se projetam no campo subalcalino.

O estudo da variabilidade composicional dos filões aponta para a existência de uma fonte homogénea justificada pela constância das razões La/Nb, diferentes episódios de fusão parcial, explicados pela variabilidade das razões La/Yb a que se sobrepuseram os efeitos de processos de cristalização fraccionada envolvendo olivina, piroxena, titanomagnetite e plagioclase.

## Bibliografia

- Canilho, M.H.S. (1971) – Estudo Geológico-Petrográfico do Maciço Eruptivo de Sines. Bol. Mus. Lab. Miner. Geol. Fac. Ciências de Lisboa, vol. 12, fasc. 2, pp. 34-50.
- Canilho, M.H.S. (1989) – Elementos de geoquímica das rochas do maciço ígneo de Sines. Ciências da Terra (UNL): 10, pp. 65-80.
- Inverno, C. M. C., Manupella, G., Zbyszewski, G., Pais, J., Ribeiro, M. L., 1993. Notícia explicativa da Folha 42-C Santiago do Cacém. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa, p.75.
- Le Bas, M. J., Lemaître, R. W., Streckeisen, A. Zanettin, B., 1986. A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali silica diagram. *Journal of Petrology*, 27, pp. 745-750.
- Martins, L.T., Olivença, I., 1998. Contribuição para o conhecimento petrogenético do maciço eruptivo de Sines. *Actas do V Congresso Nacional de Geologia. Comun. I. G. M.*, 84, B182-185.
- McDonough, W.F., Sun, S. –s., 1985. The Composition of the Earth. *Chemical Geology* 120, pp. 223-253.
- Miranda R. (2010) – Petrogenesis and Geochronology of the Late Cretaceous Alkaline Magmatism in the West Iberian Margin. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Tese de doutoramento em Geologia, especialidade Geodinâmica Interna, 488pp.
- Rudnick, R. (2010) - Composition of the Continental Crust. University of Maryland, College Park, MD, USA, pp.56.



## ***Geologia Eclesiástica: o exemplo da Catedral Metropolitana de São Paulo (Brasil).***

*Ecclesiastical Geology: the example of the Cathedral of São Paulo (Brazil).*

D. Machado<sup>1\*</sup>, E. Del lama<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Universidade de São Paulo, mestrando, Instituto de Geociências (IGc/USP), diego.ferreira.machado@usp.br

<sup>2</sup> Universidade de São Paulo, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> / orientadora, Instituto de Geociências (IGc/USP), edellama@usp.br

**Resumo:** É inquestionável a ligação da Igreja Católica com a história da cidade de São Paulo. Fundada por jesuítas em 1554, muitos templos foram construídos e se transformaram em atrativos culturais da maior cidade da América Latina. Não é diferente com a atual Catedral Metropolitana de São Paulo, em estilo neogótico, construída no século XX e que suprimiu as duas matrizes anteriores: uma colonial e outra barroca.

No seu interior ficaram registradas as características marcantes da natureza brasileira esculpidas em rocha: a fauna e a flora talhadas na pedra encontram uma cultura nacionalista típica da época da construção, encontrada no Brasil; e encontram também uma grande variação de materiais geológicos. Tem-se, com isso, um exemplo de estudo do que se denomina geologia eclesiástica, cujo conhecimento é uma contribuição importante para a divulgação das geociências, a geoconservação, a promoção do geoturismo urbano e a geodiversidade.

**Palavras-chave:** Geologia Eclesiástica; Geodiversidade; Geoturismo; Geoconservação.

**Abstract:** Unquestionably there is a connection between Catholic Church and the history of São Paulo city. Founded by Jesuits in 1554, many churches were built and became attractive culturally in the largest Latin America city. Cathedral of São Paulo is the best example. Built in the twentieth century in Gothic style, that replaced the following two previous influences : Colonial and Baroque.

Carved in the rock there are characteristics of Brazilian nature; the flora and fauna are nationalist culture typical of the construction period. These are made of a wide range of geological materials. It is an example of denominated ecclesiastical geology, whose knowledge is an important contribution to the dissemination of geoscience, the geoconservation, promoting geotourism urban, and geodiversity.

**Key-words:** Ecclesiastical Geology; Geodiversity; Geotourism; Geoconservation.

### **INTRODUÇÃO**

A Catedral Metropolitana de São Paulo (Sé) é o templo mais importante da Igreja Católica na capital paulista. Tida como Igreja-Mãe da Arquidiocese de São Paulo e instalada no marco-zero da cidade, sua construção deu-se num período áureo entre 1913 e 1954, quando as riquezas advindas do café e da industrialização faziam da pequena vila de São Paulo de Piratininga a maior metrópole da América Latina.

Com estilo neogótico, ocupando uma área de mais de 5.000 m<sup>2</sup>, e com forte simbolismo da grandeza da cidade que surgia, a construção da catedral exigiu um material de revestimento mais nobre que as

demais igrejas, além de já haver exigido a demolição da antiga Sé de estilo barroco. Foi então totalmente revestida em granitos nacionais e algumas partes em mármore antigos (*marmi antichi*) da Itália, além de possuir peças produzidas em filito, pórfiro do Egito, malaquita do Congo, lazurita do Chile e bronze.

Conhecer os diversos tipos de minerais e rochas usados na construção da catedral colabora com o entendimento de que a cultura humana e suas práticas estão relacionadas à Terra, contribuindo assim com o geoturismo urbano já que, ao inventariar a diversidade de pedras presentes, agrega valor àquilo que já é um atrativo turístico da cidade de São Paulo. Este inventariado permite ainda planos de manejo dos mais diversos, e contribui com a geoconservação porque permite conhecer o material utilizado e o seu comportamento e, desta forma, desenvolver estratégias de preservação do bem patrimonial.

## DESENVOLVIMENTO

### MATERIAL PÉTREO PRESENTE

Para conhecer o material empregado na construção da Catedral, foi preciso fazer um inventário baseando-se em visitas *in situ* e em uma revisão bibliográfica de gabinete (museus, arquivos, bibliotecas etc.)

A Catedral Metropolitana de São Paulo é revestida de granitos nacionais. Stern *et al.* (2006) referiram que o revestimento seria de Granito Sorocaba (biotita monzogranito porfírico) de cor cinza, pertencente ao Domínio São Roque, do Neoproterozoico, aflorante no extremo oeste do estado de São Paulo nas regiões de Sorocaba e São Francisco. No entanto a pedreira fonte pertence ao município de Ribeirão Pires (Comissão Executiva das Obras da Nova Catedral, 1950), na Região Metropolitana de São Paulo, o que nos leva a propor que seja um outro granito; talvez uma variação do Cinza Mauá com granulação mais fina, talvez uma variação do Itaquera ou, quem sabe ainda, um outro granito. Contudo, algumas esculturas da fachada são talhadas em Granito Itaquera (Fig. 1A). Esta pode ser considerada a rocha que construiu São Paulo devido à sua marcante impregabilidade nos edifícios e monumentos até a década de 1940, quando foi substituído pelo Granito Cinza Mauá, possivelmente devido à exaustão das pedreiras (Del Lama *et al.*, 2009).

No revestimento do chão da cripta, no altar-mor, na capela do Santíssimo Sacramento (Fig. 1B), no batistério e nos altares laterais há uma grande variedade de mármore antigos. Adota-se a expressão mármore antigo, ou *marmi antichi* (do grego *μαρμαίρω*, que designa tudo o que opalesce, ou seja, que tem brilho opaco) para designar rochas variadas e não apenas as metacalcárias. São eles, então: Ravaccione de Carrara, Verde Saint-Denis, Giallo di Siena, Rosso Antico, Rosso Portassanta, Travertino, Nero, ônix e Pórfiro do Egito (Thurler, 1956). Ainda temos também peças produzidas em filito, malaquita do Congo, lazurita do Chile e bronze.

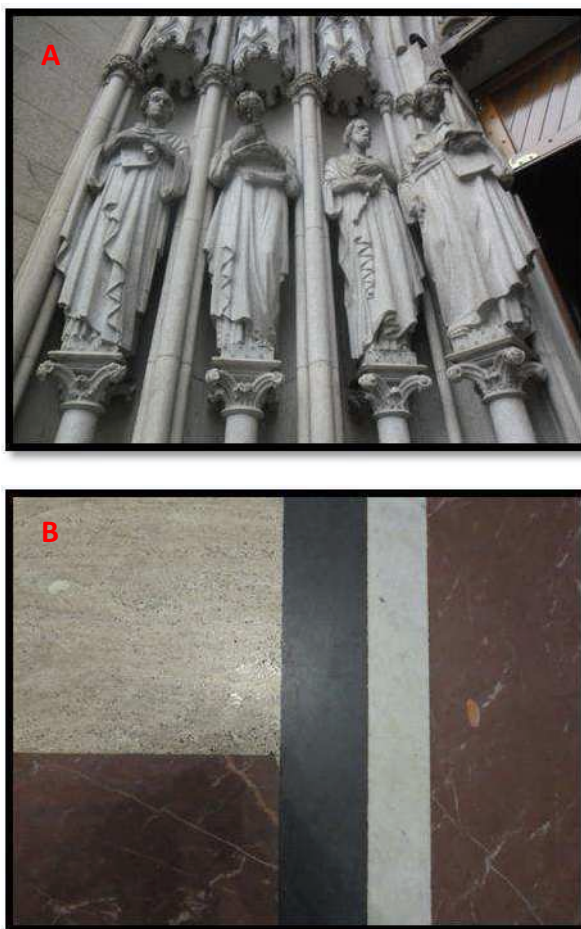


Fig. 1. A: Esculturas da fachada talhadas em Granito Itaquera.  
B: *Marmi antichi* da Capela do Santíssimo Sacramento: Travertino, Rosso Antico, Ravaccione e Nero.

### TRINÔMIO GEODIVERSIDADE, GEOTURISMO E GEOCONSERVAÇÃO

Muitas coisas atraem turistas às igrejas. Confessando ou não o credo católico, as pessoas têm curiosidade e se atentam ao patrimônio cultural salvaguardado pela Igreja. E apesar da sua história recente, completando cem anos em 2013, a Catedral tem ares de mais velha que chamam a atenção; talvez pelo estilo neogótico, talvez pela grandiosidade.

Pensada para catequizar os fiéis além de os abrigar, a arquitetura da Sé evoca também o nacionalismo brasileiro da época. Ao juntar a malaquita do Congo com o mármore amarelo de Siena, apesar de exóticas, as cores das rochas ornamentais remetem às cores nacionais (verde e amarelo). Também não passam despercebidos os animais e as plantas da fauna e da flora brasileiras esculpidas em granito nacional – que faz referência ao Bandeirismo e à solidez e bravura do povo paulista. Estão presentes sapo-boi, tatu-bola, tucano, lagarto, garça, cacau, samambaia, trigo e uva. Toda essa variedade de minerais e rochas pode atrair ainda mais turistas, se bem explorada, além daqueles que já visitam o edifício por outros motivos. A isso se chama geoturismo urbano.

No que tange à conservação, métodos de análise não destrutivos estão sendo propostos para conhecer melhor as características das pedras e seu estado de conservação, constituindo assim uma base de dados que permita a futuros restauradores intervirem de uma maneira mais adequada nas alterações das rochas e minerais. Nas investigações *in situ* as principais técnicas utilizadas são: a medição de velocidade de propagação de ondas ultrassônicas longitudinais; estimativa da dureza superficial por esclerometria; determinação de absorção de água com cachimbos; medição de cor com espectrofotômetro e realização de imagens ultravioletas.

### CONCLUSÃO

O trabalho contribui para aumentar a disseminação das Geociências e de sua importância pois acredita-se que somente um povo que conhece o seu patrimônio é capaz de preservá-lo. Divulgar ao grande público o resultado do inventário dos minerais e das rochas utilizados na construção de um dos principais templos católicos no Brasil é também uma forma de convidar a sociedade a se apropriar daquilo que lhe pertence. Além disso, investigar o comportamento e o estado do material pétreo por métodos não destrutivos é também um grande contributo para a ciência da restauração, que apela a todas as ciências para que se preserve o bem patrimonial, inclusive às geociências.

No que tange ao geoturismo, muitos exemplos citados por Caetano *et al.* (2010) e tantos outros trabalhos apresentados em Congressos Brasileiros de Geologia em 2010 e 2012 e Simpósios Brasileiros de Patrimônio Geológico em 2011 e 2013 *provam que o ambiente urbano também apresenta grande potencial para o desenvolvimento deste tipo de actividade turística, com a considerável vantagem de permitir o estabelecimento de relações com outros aspectos culturais e históricos dos núcleos urbanos* (Caetano *et al.*, 2010). Por isso, conclui-se que a Catedral Metropolitana de São Paulo é um rico e significativo atrativo cultural mas que também é um significativo exemplar de potencial geoturístico, especificamente de geoturismo urbano e de geologia eclesiástica.

### Referências Bibliográficas

- CAETANO, P. S.; LAMBERTO, V.; VERDIAL, P. H.; Geologia Eclesiástica dos Prazeres aos Anjos: um percurso geoturístico na cidade de Lisboa. GEOTIC – Sociedade Geológica de Portugal. VIII Congresso Nacional de Geologia. Revista Electrónica de Ciências da Terra. Volume 15 – nº 55. 2010.
- CATEDRAL Metropolitana de São Paulo. Website da Catedral da Sé. 2012. Disponível em: [www.catedraldase.org.br](http://www.catedraldase.org.br)
- COMISSÃO Executiva das Obras da Nova Catedral. Balanço Geral em 30 de dezembro de 1950: de 1912 a 1950. Arquivos da Cúria Metropolitana de São Paulo. São Paulo: 1950.
- DEL LAMA, E. A.; DEHIRA, L. K.; REYS, A. C. DOS. Visão geológica dos monumentos da cidade de São Paulo. Revista Brasileira de Geociência, 39(3): 409-420. 2009.
- STERN, A.G.; RICCOMINI, C.; FAMBRINI, G.L.; CHAMANI, M.A.C. Roteiro geológico pelos edifícios e monumentos históricos do centro da cidade de São Paulo. Revista Brasileira de Geociências, 36(4): 704-711. 2006.
- THURLER, J.; Guia da Catedral Metropolitana de São Paulo. Indústria Gráfica Siqueira S/A. São Paulo, 1956.

## ***Potencial de locais e actividades com interesse geológico no ensino das Geociências***

*Potential of sites and activities with geological interest in the teaching of Geosciences*

A. Vilão <sup>1\*</sup>, J. Simão <sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciências da Terra, F.C.T. – U.N.L., 2829-516 Caparica, Portugal

<sup>2</sup>Centro de Investigação em Ciências e Engenharia Geológica, F.C.T. – U.N.L., 2829-516 Caparica, Portugal

\*E-mail of the corresponding author: [andreiavil@gmail.com](mailto:andreiavil@gmail.com)

**Resumo:** O presente trabalho aborda uma nova vertente das Geociências, que se dedica ao Património Geológico e ao aproveitamento do mesmo no ensino. Assim, um dos objectivos principais é reforçar a importância do ensino da Geologia, e para além disso da utilização dos demais recursos geológicos disponíveis. Por outro lado, pretende-se informar sobre a diversidade dos meios que existem, actualmente, para o ensino das Geociências, em particular na temática dos Georrecursos. Deste modo, procedeu-se a uma pesquisa histórica sobre as primeiras colecções de geociências e o aparecimento dos primeiros museus, até se chegar à actualidade, onde se inventariou uma quantidade considerável de locais de particular interesse para o ensino das Geociências. Na comunicação, demonstra-se que os recursos geológicos, para além de serem uma determinante fonte de matéria prima, podem constituir excelentes recursos para o ensino das Geociências.

**Palavras-chave:** Ensino das Geociências, Georrecursos, Geodiversidade, Património Geológicos.

**Abstract:** This paper approaches a new area of Geosciences which is dedicated to the geological heritage and its use in education. The main objective is to reinforce the importance of geology and the use of the available geological resources. Moreover, are discussed the diversity of methodologies in Geosciences teaching in particular for the geological resources field. Thus, historical research about the early collections of geosciences and the appearance of the first museums until the present were preceded. Many sites with particular interest to teaching of Geosciences where inventoried. In this communication, it is shown that geological resources, in addition to being one crucial source of raw material, can be excellent resources for teaching the geosciences.

**Key-words:** Teaching Geosciences, Georesources, Geodiversity, Geological Heritage.

### **INTRODUÇÃO**

A preocupação sobre a relação do Homem com a natureza abiótica, assim como a preservação desta, e o valor cultural das paisagens tem sido crescente, o que se evidenciou particularmente a partir do século XXI. Anteriormente a investigação, cujo tema central é a Geologia, desenvolvia temáticas no âmbito científico ou técnico e pouca ênfase se fazia ao valor patrimonial e social, que determinados aspectos geológicos têm para a Humanidade. Foi preciso esperar a mudança do século XXI para que os geocientistas se sensibilizassem e trouxessem para a comunidade geocientífica uma nova visão (Mantesso-Neto, 2010).

A cultura científica é uma das várias designações usadas para descrever a relação entre a ciência e o público (ou mais especificamente o que a população em geral sabe da ciência e o que pensa dela) (Delicado, 2006).

Acerca dos recursos geológicos pode-se afirmar que são “laboratórios autênticos” não no sentido da utilização dos mesmos como actividades de experimentação, mas sim no sentido da sua visualização, em dimensões reais, da sua estrutura, permitindo que se possa compreender, em simultâneo, conceitos, tais como, a sua génese, a sua dimensão, e a sua importância. Os recursos geológicos, podem portanto, fornecer informação e conhecimento, de uma forma mais abrangente e ao mesmo tempo mais específica. Quer isto dizer que, *in situ* se podem observar fenómenos, identificar estruturas, rochas, formações, minerais, etc., e por outro lado, identificar processos muito específicos relativamente à importância desse recurso, à sua extracção e seu processamento. Pode dizer-se que existe uma “ponte” entre o conhecimento científico e a sua aplicação e implicação no mundo real. Será sempre mais fácil compreender-se uma estrutura geológica quando se observa a mesma, assim como perceber-se a importância que um determinado material tem para o desenvolvimento das sociedades. Contudo, apesar de se terem feito grandes progressos, o que existe actualmente, é um grande número de recursos geológicos em Portugal, subaproveitados como recursos didácticos!

O ensino das geociências em vigor não fornece suficiente trabalho de campo como base do conhecimento geológico e ao trabalho experimental, aplicado processos geológicos que decorrem em grandes unidades de espaço e tempo (Bolacha e Mateus, 2008<sup>a,b</sup>). O conhecimento acerca da formação de recursos geológicos, tais como os recursos minerais, torna-se difícil, imperceptível e inimaginável, o que poderá tornar o processo de ensino e aprendizagem frustrante.

## **DESENVOLVIMENTO**

A Geologia tem sido desenvolvida ao longo dos tempos, em parte de forma similar às outras ciências. Inicialmente, factores como a religião constituíram um obstáculo, sendo que, posteriormente a ciência foi evoluindo de forma natural. Tal como as outras ciências, a Geologia à medida do seu conhecimento, também foi sendo divulgada no meio científico e não só, para este facto, contribuíram, com um papel preponderante, as colecções e os museus.

As primeiras colecções de material geológico, estão associadas a classes sociais como a aristocracia e o clero, e foram criadas pela raridade dos objectos que as compunham. Estas colecções eram designadas de Gabinetes. Os Gabinetes eram na sua essência, colecções enciclopédicas (...) e reuniam uma mistura heteróclita de obras de arte, moedas, pedras preciosas, corais, fósseis e objectos “extravagantes” trazidos de terras longínquas por navegantes e viajantes (Brandão, 2008).

O conhecimento perpetuava-se nas Universidades e surgem assim os primeiros museus. Em 1683 é estabelecido em Oxford o primeiro museu universitário de História Natural, o Ashmolean Museum;

em 1745 abre-se ao público, em Paris o Cabinet d'Histoire Naturelle du Roi, em que se salientam as colecções de minerais (...) (Brandão, 2008). O número de museus aumentou no período correspondente ao século XIX. A apresentação e a investigação eram as principais finalidades dos museus, sendo a observação e a comparação as principais actividades proporcionadas (Brandão, 2008). Os museus constituem um dos múltiplos veículos utilizados para promover a cultura científica, apresentando todavia características fortemente distintivas: a materialidade e tridimensionalidade das exposições, a perenidade como instituições, a acessibilidade a um público alargado (Delicado, 2006).

Portugal caracteriza-se por uma enorme geodiversidade, são inúmeras as formações geológicas, com características muito diferenciadas na estrutura e no tempo. Portugal apresenta uma grande heterogeneidade de fenómenos geológicos, que se traduzem num grande número de georrecursos que são e/ou já foram explorados. A Geodiversidade é constituída não só pelas formações rochosas mas também por ocorrências minerais, fósseis, geoformas, solos, aquíferos. A natureza dos mesmos, também pode ser ínfima, e consequentemente o tipo de explorações. Assim, é de salientar que Portugal constitui uma boa representação dos georrecursos e das formas como são explorados. Recorde-se que existem minas, pedreiras a céu aberto, pedreiras subterrâneas, areiros, aquíferos, entre outros e de onde são extraídos e processados (em alguns casos) materiais muitas vezes desconhecidos para a generalidade da população.

Este aspecto, para além de uma cultura e tradição mineira incutida em muitas regiões do país, fez com que surgissem colecções de georrecursos patentes nos museus mais importantes a nível nacional (veja-se o Museu de Ciência da Universidade de Lisboa, o Museu Geológico e o Museu de Ciência da Universidade de Coimbra, como exemplo), e também, surgissem num nível mais local museus regionais ou etnográficos onde estão patentes aspectos relacionados com os georrecursos (...) encontram-se também, em menor quantidade, em museus de âmbito local ou regional, de carácter pluridisciplinar ou monográfico (museus mineralógicos, paleontológicos ou mineiros), por vezes instalados em antigas explorações mineiras ou junto das ocorrências naturais de particular significado (Brandão, 2008).

Na mesma sequência dos museus, no final do século XX, surgiram em Portugal, locais representativos das várias áreas da ciência, nomeadamente da Geologia – os Centros de Ciência Viva. Estes permitem a aquisição de conhecimentos e a compreensão de fenómenos através da experimentação, da visualização e do manuseamento. São efectivamente mais dinâmicos que os museus, e em quase todos os casos, representam uma forte interligação com o meio envolvente, veja-se o exemplo do Centro de Ciência Viva de Estremoz, inserido numa região com uma forte tradição na exploração de rochas, tem patente exposições de carácter geológico e mineiro. Da mesma forma, salienta-se o Centro de Ciência Viva do Lousal que explora, de uma forma muito pertinente e interessante os

conteúdos relacionados com a época em que a mina do Lousal se encontrava activa, onde minérios formados há milhões de anos foram explorados por milhares de mineiros. Este centro está inserido numa antiga área mineira requalificada e pretende recriar o conhecimento relativo à exploração e processamento de recursos minerais, constituindo um bom aproveitamento de uma antiga área mineira.

De uma outra forma, e na sequência do aparecimento dos Centros de Ciência Viva, surge o Programa Ciência Viva. O programa de investimento da FCT “Ciência Viva – Promoção da Cultura Científica e Tecnológica” foi iniciado em 1999, na sequência do programa de investimento “Apoio ao Ensino e Divulgação da Ciência e Tecnologia” iniciado em 1996.

O programa Ciência Viva abrange um considerável número de projectos que se encontram em execução e/ou já foram concluídos. Os projectos contemplam inúmeras áreas da ciência e propõem-se ao desenvolvimento de competências como a pesquisa e o rigor científico, a aplicação de conhecimentos, a motivação para o ensino e aprendizagem da ciência, a promoção do ensino experimental, a cooperação, o desenvolvimento do espírito crítico, a preservação e as políticas de desenvolvimento sustentável, entre outros.

Em rigor, no que se refere à Geologia, existem várias actividades que abrangem, de uma forma mais ou menos igualitária, todo o território nacional. As actividades contemplam saídas de campo para todas as vertentes da Geologia, por exemplo, a Paleontologia, ou a Geologia Estrutural, e mais especificamente os Georrecursos como é o caso, entre outros, de *Mármore de Estremoz: geologia e tecnologia de exploração de mármore* (Vila Viçosa), e *Mina Radical* (Lousal – Grândola).

Para além da inovação dos museus, ou da criação dos Centros de Ciência Viva e dos Programas de Ciência Viva, surgem ainda, os Geoparques. Um Geoparque é definido como um território, com um património geológico de importância internacional, raridade ou apelativo esteticamente, no qual foi desenvolvido como parte de um conceito integrado de conservação, educação e desenvolvimento económico local (UNESCO, Rede Global de Geoparques, 2006, *in* Azman *et al*, 2010). A par dos Geoparques, actualmente, estão inventariados de 350 geossítios.

## CONCLUSÃO

Relativamente às formas de divulgação das Geociências, onde nela se incluem os Georrecursos, pode-se afirmar que, actualmente Portugal dispõe de uma considerável rede de museus, Centros de Ciência Viva e Programa Ciência Viva, Geoparques, entre outros. Estes locais são da maior importância para a divulgação das Geociências, e podem ser de facto, bons instrumentos facilitadores do ensino da Geologia. Por outro lado, estes locais supra-referenciados, podem e devem ser lugar de interesse para leigos e curiosos das Geociências, uma vez que a informação neles encontrada é divulgada de forma clara, concisa e perceptível.



A existência da visitas guiadas nestes locais, também constitui uma mais valia, assim como a existência de guiões de acompanhamento de visita, em alguns locais. De uma forma geral, em Portugal houve uma preocupação crescente, a partir do final do século XX, início do século XXI, com a manutenção e preservação do Património Geológico, e de uma forma mais explícita, com a sua divulgação. Contudo, considera-se que existem algumas lacunas, nomeadamente, ao nível específico da importância dos Georrecursos nas sociedades. Ou seja, apesar de existirem locais destinados à preservação do património mineralógico e associado à indústria extractiva, a sua compreensão não se processa na totalidade. Denota-se alguma imprecisão na relação entre a formação de estruturas geológicas (potenciais georrecursos), a sua extracção e a sua aplicação na sociedade actual. Ou seja, ao nível do ensino da Geologia, existe uma dificuldade em se demonstrar a aplicabilidade dos Georrecursos como fonte de matéria-prima para quase todos os materiais do quotidiano. Em diferenciados níveis de escolaridade, os alunos denotam alguma dificuldade em perceber que uma determinada rocha extraída numa pedreira, pode ter várias aplicações e ser utilizada em diferentes indústrias, assim como desconhecem as várias etapas de transformação e processamento da mesma. Por outro lado, os locais referenciados, em boa parte, carecem de uma orientação específica para os diferentes ciclos de escolaridade. Deste modo, entenda-se que poderia existir um roteiro adequado às necessidades de cada grau de ensino. Embora recebam, em muitos casos, visitas de estudo, não existe um enquadramento nos conteúdos teóricos da disciplina que se pretende abordar com a visita. De outra forma, existe uma relação necessária entre o ensino das Geociências e a necessidade de praticá-lo em campo. A percepção de fenómenos geológicos, da sua grandeza em escala temporal e espacial, passa pela observação, análise e compreensão destes *in situ*.

#### **Bibliografia**

- AZMAN, N., HALIM, S., LIU, O., SAIDIN, S., KOMOO, I. (2010). Public Education in Heritage Conservation for Geopark Community. International Conference on Learner Diversity.
- BOLACHA, E., MATEUS, A. (2008<sup>a</sup>). Evolução recente do Ensino Secundário em Portugal e suas implicações nos currículos de Geologia; a perspectiva da Associação Portuguesa de Geólogos. *Geonovas* n.º21, pp 67-74.
- BOLACHA, E., MATEUS, A. (2008<sup>b</sup>). Novos currículos de Geologia no Ensino Secundário português: contributos da Associação Portuguesa de Geólogos. *Geonovas* n.º21, pp 75-86.
- BRANDÃO, J. (2008). Coleções e exposições de Geociências: velhas ferramentas, novos olhares. *Geonovas* n.º21, pp 31-39.
- DELICADO, A. (2006). Os museus e a promoção da cultura científica em Portugal. *Sociologia, Problemas e Práticas*, n.º51, pp 53-72.
- MANTESSO-NETO, V. (2010). Geodiversidade, Geoconservação, Geoturismo, Património Geológico, Geoparque: Novos conceitos nas Geociências do século XXI. VI Congreso Uruguayo de Geologia. Parque de Ute Minas-Lavalleja.
- Programa Ciência Viva  
<http://www.cienciaviva.pt/>

## ***Geologia e Geodiversidade: O potencial geoturístico do afloramento de Boiçucanga, em São Sebastião – SP.***

*Geology and Geodiversity: The geotouristic potential of the outcrop from Boicucanga in São Sebastião – SP*

F. C. Reverte<sup>1\*</sup>, M. G. M. Garcia<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, Núcleo GeoHereditas

<sup>2</sup> Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, Núcleo GeoHereditas

\* fernanda.reverte@usp.br

**Resumo:** O litoral norte do estado de São Paulo, Brasil, é caracterizado por registros geológicos ocorridos durante o Neoproterozóico que resultaram em complexas associações de rochas, tais como granulitos e granito-gnaisses migmatíticos. Estas evidências, relacionadas à amalgamação, evolução e fragmentação do Supercontinente Gondwana, constituem eventos tectônicos significativos na história geológica da região e podem ser observadas em diversos pontos do litoral, incluindo o costão rochoso da Praia de Boiçucanga, localizado em São Sebastião – SP. Este afloramento, formado por gnaisses peraluminosos com minerais de granada e cordierita, constitui-se num geossítio que exemplifica parte da geodiversidade local e, devido à sua representatividade científica, turística e didática, está incluso no projeto de inventário do patrimônio geológico que vem sendo realizado no município.

**Palavras-chave:** Patrimônio Geológico, Litoral norte de São Paulo, Geoturismo.

**Abstract:** The north coast of the state of São Paulo, Brazil, is characterized by geological records occurred during the Neoproterozoic period that resulted in complex associations of rocks, such as granulites and migmatitic granite-gneiss. The evidence relating to amalgamation, evolution and fragmentation of Gondwanaland, constitute significant tectonic events in the geological history of the region and can be observed in various parts of the coast, including the rocky shore of Boicucanga, located in São Sebastião - SP. This outcrop, formed by gneisses with peraluminous minerals garnet and cordierite, constitutes a geosite that exemplifies part of local geodiversity and, because its representativeness scientific, touristic and didactic project is included in the inventory of geological heritage that is being conducted in municipality.

**Key-words:** Geological Heritage, Northern coast of São Paulo, Geotourism.

### **INTRODUÇÃO**

A geodiversidade existente no planeta decorre do conjunto de fenômenos e processos intrínsecos à dinâmica da Terra originando os mais variados produtos, ou recursos naturais, tais como as rochas, minerais, fósseis e formas de relevo, que associados, serviram como substrato ao desenvolvimento e evolução da vida no planeta Terra (Brilha, 2005).

O município de São Sebastião apresenta um enorme potencial educacional e geoturístico devido aos inúmeros elementos da geodiversidade que possui, associados, principalmente, à amalgamação,

evolução e fragmentação do Supercontinente Gondwana, servindo como plataforma para o ensino de conceitos intrínsecos às Geociências aos turistas, à comunidade do entorno e ao público escolar. Neste contexto, o afloramento de Boiçucanga configura-se em um exemplo de possível geossítio, pois se encontra em bom estado de conservação, apresenta valor científico e potencial didático, contemplando o projeto de inventário do patrimônio geológico local.

## DESENVOLVIMENTO

O município de São Sebastião, litoral norte do estado de São Paulo, situa-se na região SE do Brasil entre os paralelos 23°30' e 24°00' S e meridianos 45°15' e 46°15' W. Apresenta belas paisagens naturais, fortemente marcadas pela presença da Mata Atlântica e da Serra do Mar em toda sua extensão. Possui uma rica rede hídrica, inúmeras trilhas, praias recortadas, ilhas e costões rochosos. Geologicamente, a região faz parte da Faixa Ribeira, um cinturão orogênico, de idade neoproterozóica, subdividido em várias unidades geológicas, o qual, na região em foco, é denominado Complexo Costeiro (Hasui et al., 1981). Este Cinturão compõe a Província Mantiqueira (Almeida et al., 1977, 1981) e se estende para mais de 1000 km ao longo da costa atlântica brasileira. O Complexo Costeiro localiza-se a sudeste da falha Cubatão (Almeida et al., 1981), numa área recortada pela falha transcorrente denominada Camburu, que apresenta a mesma orientação SW-NE do falhamento de Cubatão. Na região estudada, este Complexo integra setores com rochas paraderivadas, os complexos granito-gnaisses migmatíticos, organizadas segundo uma estrutura de cisalhamento dúctil em flor positiva, cujo eixo se orienta ENE-WSW (Dias Neto et al., 2006). Importantes corpos de anfíbolitos, que ocorrem como boudins no interior dos granito-gnaisses predominantes no município, acompanham esta orientação. Estas estruturas correspondem a corpos tabulares, concordantes com a foliação gnáissica, que parecem retratar antigos sills ou diques, paralelizados com o bandamento do gnaiss, pela deformação (Dias Neto et al., 2009).

Neste contexto, a geodiversidade, que representa a variedade de ambientes geológicos, fenômenos e processos ativos que dão origem a paisagens, rochas, minerais, fósseis, solos e outros depósitos superficiais que são o suporte para a vida na Terra (Brilha, 2005), aparece na região associada a eventos tectônicos ocorridos durante o Neoproterozóico-Paleógeno, incluindo junção e separação do Supercontinente Gondwana e processos geológicos relacionados (CPRM, 2010).

Desta forma, visando associar alguns geossítios pré-definidos a esta história geológica, um projeto que visa contribuir com o registro, o conhecimento, a conservação e a divulgação do patrimônio geológico vem sendo realizado no município de São Sebastião, utilizando-se das seguintes estratégias de geoconservação, descritas por Brilha (2005): inventário científico, descrição, quantificação e classificação deste patrimônio.

Dentre os diversos pontos de interesse geológico identificados durante a realização do projeto, o afloramento da praia de Boiçucanga (Fig. 1) exemplifica parte da geodiversidade e evolução geológica locais por meio dos registros encontrados nas rochas que o compõem, tais como os corpos anfibolíticos interpretados como antigos diques ou sills basálticos, que se encontram paralelos a estrutura gnáissica, mas localmente observa-se vestígios de dobramentos anteriores, que por vezes deslocam e alteram essa orientação (bandamento gnáissico transposto). Além disso, o local se encontra em bom estado de conservação, apresenta valor científico e potencial didático, características que podem configurá-lo, após a quantificação que ainda será realizada, num potencial geossítio, devendo, portanto, ser conservado e divulgado.



**Fig. 6:** a e b) Gnaiss paraderivado com granada, cuja foliação principal é um bandamento gnáissico com orientação NE-SW e mergulhos para NW, correspondendo à fase de amalgamação do Gondwana; c e d) Corpos anfibolíticos que ocorrem intercalados aos gnaisses, interpretados como antigos diques ou sills basálticos. Estes corpos estão em geral paralelos à estrutura gnáissica, mas localmente são observados vestígios de dobramentos anteriores (Dias Neto et al., 2009).

## CONCLUSÃO

O afloramento de Boiçucanga corresponde a um paragnaisse com injeções pegmatóides quartzo-feldspáticas, apresentando minerais de granada bem desenvolvidos e material anfibolítico, cuja geodiversidade decorre da convergência entre os crátons São Francisco e Congo Ocidental (entre 650 – 510 Ma) e está relacionada à junção e separação do Supercontinente Gondwana.

Embora a quantificação ainda não tenha sido realizada, sabe-se que o afloramento não apresenta raridade, visto que estruturas semelhantes são encontradas na região e em outros locais do Brasil.

Com relação ao seu valor científico, apresenta potencial educativo voltado, a princípio, a alunos do Ensino Superior (graduação e pós-graduação) em aulas de campo, pois possui grande diversidade de elementos que facilitam a compreensão dos processos geológicos que ocorreram no local, dentre os quais se destacam processos metamórficos, bacias de retroarco (paleoambiente), fraturas e boudins. Como parte final do projeto de inventário que vem sendo realizado na região, no que diz respeito à divulgação, pretende-se instalar um painel informativo, em linguagem acessível, exemplificando aos visitantes a importância do contexto geológico local, de modo a conscientizar o público sobre a importância deste patrimônio geológico.

#### **Bibliografia**

- ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R.A. (1977) - Províncias estruturais brasileiras. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, 8., Campina Grande, Bolim Especial, p.12-13.
- ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R.A.(1981) - A brazilian structural provinces: na introduction. Earth-Science Reviews, 17(1/2): 1-29.
- BRILHA J. B. R. (2005) - Patrimônio Geológico e Geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica. Palimage Editora, p.190.
- CPRM. (2010) - Geodiversidade do Estado de São Paulo. São Paulo: CPRM/Serviço Geológico do Brasil, p. 176.
- DIAS NETO, C. M.; FONSECA, P. E.; MUNHÁ, J.; EGYDIO SILVA, M.; RIBEIRO, A. (2006) - A estrutura em flor (flower structure) do Complexo Costeiro (Faixa Ribeira) em São Sebastião (São Paulo, Brasil). Cadernos Laboratório Xeológico de Laxe, La Curuña, v. 31, p. 105-125.
- DIAS NETO C.M., CORREIA C.T., TASSINARI C.C.G., MUNHA J.M.U. (2009) - Os anfíbolitos do Complexo Costeiro na região de São Sebastião, SP. Geol. USP, Sér. Cient., 09: 71-87.
- HASUI, Y.; DANTAS, A. S. L.; CARNEIRO, C. D. R.; BISTRICHI, C. A. (1981) - O embasamento Pré-Cambriano e Eopaleozóico em São Paulo. In: Mapa Geológico do Estado de São Paulo. Pró-Minério, IPT. v. 1, p. 12-45.

## ***Aspectos cartográficos e estruturais da Faixa Metamórfica Porto-Viseu na região da Foz do Sousa (E do Porto)***

*Cartographic and structural features from the Porto-Viseu Metamorphic Belt in the Foz do Sousa region (E of Porto)*

P.A. Ferreira<sup>1\*</sup>, M.A. Ribeiro<sup>1</sup>, P. Castro<sup>2</sup>, J.F. Rodrigues<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, DGAOT, Rua do Campo Alegre, s/n, 4169-007 PORTO

<sup>2</sup> Laboratório Nacional de Energia e Geologia, Rua da Amieira, 4466-901 S. Mamede de Infesta

<sup>3</sup> Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Rua Dr Roberto Frias, s/n, 4200-465 PORTO

\* priscila.antunesferreira@gmail.com

**Resumo:** Na Foz do Sousa (E do Porto), foi possível distinguir cartograficamente 3 unidades com base em critérios litológicos, metamórficos e estruturais. Foram designadas por unidades A, B e C e estão representadas, respectivamente, de Oeste para Este, por micaxistos, filitos e metagrauwaques intercalados com filitos. Em todas as unidades ocorrem intercalações de metaconglomerado. A deformação é polifásica Varisca com uma 2ª fase penetrativa nas unidades A e B. Na unidade C esta 2ª fase diminui progressivamente de intensidade para E passando a ocorrer como uma clivagem de crenulação. A análise mesoscópica das estruturas de 2ª fase sugere uma deformação de carácter marcadamente não-coaxial o que, em conjunto com a observação de estruturas fortemente rotacionais e *fabrics* assimétricos com diminuição do tamanho de grão da rocha, faz com que esteja a ser investigada a possível existência de cisalhamentos de importância regional.

**Palavras-chave:** Faixa Metamórfica Porto-Viseu; Cartografia Geológica; Deformação não-coaxial

**Abstract:** In Foz do Sousa region (east of Porto), it was possible to distinguish three cartographic units based on lithological, metamorphic and structural features. They were designated by units A, B and C and they are represented, respectively, from west to east, by micaschists, phyllites and metagreywackes levels intercalated with phyllites. In all units occur metaconglomerate levels. The Variscan deformation is polyphasic with a penetrative 2<sup>nd</sup> phase in units A and B. In unit C, this 2<sup>nd</sup> phase gradually decreases in intensity to east, becoming progressively crenulation cleavage. Mesoscopic analysis of 2<sup>nd</sup> phase structures suggests a strong non-coaxial deformation which, together with the observation of strongly rotational structures and asymmetric fabrics with decrease in grain size, leads to investigate a possible existence of shear zones with regional importance.

**Key-words:** Porto-Viseu Metamorphic Belt; Geological Mapping; Non-Coaxial Deformation

### **INTRODUÇÃO**

Apresentam-se resultados preliminares do trabalho de cartografia geológica e análise estrutural mesoscópica efetuado numa área com cerca de 10Km<sup>2</sup>, localizada no concelho de Gondomar, entre a Foz do rio Sousa e a Barragem de Crestuma-Lever.

Sob o ponto de vista geológico, a área de estudo localiza-se na ZCI, e nela apenas são reconhecidos metassedimentos do Complexo Xisto-Grauváquico nas edições existentes da Carta Geológica de Portugal (e.g. Teixeira *et al.*, 1962; Medeiros *et al.*, 1964). O ponto de partida desta investigação baseada no trabalho de campo é a tentativa de individualização cartográfica de unidades sob o ponto de vista litológico, metamórfico e estrutural. Os trabalhos de levantamento geológico permitiram caracterizar três unidades distintas.

Salienta-se que a área cartografada pertence à designada Faixa Metamórfica Porto-Viseu onde tem sido reconhecida notável complexidade geológica, como tem sido evidenciado em diversos trabalhos (e.g. Schermerhorn, 1956; Soen, 1970; Reavy, 1987, 1989; Valle Aguado, 1992; Valle Aguado *et al.*, 1993; Fernandes *et al.*, 1998). Trabalhos recentes da folha 17-A (Viseu) da Carta Geológica de Portugal à escala 1/50 000 (Ferreira e Castro, 2010) mostraram uma notável similitude de fácies e de mesoestruturas observadas com a presente zona de trabalho, razão pela qual se decidiu lançar esta investigação.

### DIFERENCIAÇÃO CARTOGRÁFICA DE UNIDADES

No anexo 1 representa-se a extensão cartográfica das unidades agora definidas. Sinteticamente, as principais características geológicas das unidades são:

- **Unidade A:** é caracterizada pela presença das rochas de mais alto grau metamórfico na área em estudo. A litologia dominante é constituída por micaxistos estaurolíticos (rochas pelíticas), com abundantes cristais de estaurolite de grandes dimensões (até 5cm segundo o eixo maior), com esparsas intercalações centimétricas a decimétricas de rochas de tendência quartzítica (rochas quartzo-pelíticas). Os cristais de estaurolite diminuem em abundância e dimensão para Este no sentido do contacto com a unidade B. Tornam-se mais abundantes os porfiroblastos de biotite e a rocha, apesar de ainda conter raros e pequenos cristais de estaurolite, pode ser descrita como um micaxisto biotítico, dada a abundância desta mineral. De registar ainda níveis metaconglomeráticos clasto suportados com escassa matriz arenosa fina. Os metaconglomerados apresentam um alongamento preferencial (tectonitos do tipo L) de espessura métrica a decamétrica, constituído por clastos de quartzo e quartzito, já evidenciados na cartografia geológica publicada.

- **Unidade B:** constituída essencialmente por filitos com esparsas intercalações de níveis quartzováquicos. Nestes filitos são típicos os porfiroblastos de biotite individualizáveis a olho nú. Também nesta unidade se regista a ocorrência de níveis menores de metaconglomerados clasto suportados, em que o achatamento prevalece sobre o alongamento (tectonitos do tipo SL), composto por quartzo e quartzito e escassa matriz arenosa fina. Nesta unidade é evidenciado a ocorrência de depósitos de terraços fluviais do Plio-Plistocénico (P), marcados na cartografia geológica publicada.

- **Unidade C:** nesta unidade afloram essencialmente metagrauvaques intercalados com filitos. Trata-se de metassedimentos de muito baixo grau contrastante com as litologias metamórficas acima descritas. Regista-se também a ocorrência de frequentes níveis gresosos, de coloração ferruginosa. Analogamente às unidades anteriores, também nesta se observam abundantes faixas de metaconglomerados, menos deformados que os anteriores, onde são observadas algumas estruturas sedimentares.

## CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL

Confirmando-se o carácter polifásico da deformação varisca através de relações de transposição geométrica de foliações e interferência de dobramentos, tal como referido em diversos trabalhos (e.g. Reavy, 1987, 1989; Valle Aguado *et al.*, 1993), cabe ainda salientar os seguintes aspectos:

- Nas unidades de mais alto grau metamórfico (Unidade A e Unidade B) a foliação penetrativa é de 2ª fase. São observáveis dobras intrafoliais em pequenos veios de quartzo de exsudação metamórfica concordantes com uma foliação anterior.
- Estas características ocorrem em simultâneo com um gradiente metamórfico que de oeste para este se manifesta numa diminuição da granularidade dos micaxistos, a diminuição do tamanho dos cristais de estauroлите e da sua abundância. A assimetria do *fabric* microscópico associado à diminuição da granularidade da rocha e à presença de grãos fortemente rotacionais levam a sugerir a existência de faixas de rochas filoníticas.
- Na unidade de mais baixo grau também é perfeitamente visível uma 2ª fase de deformação, ocorrente como uma clivagem de crenulação que, no extremo oeste da unidade C, é muito pouco espaçada, assumindo um carácter quase penetrativo. Não é, contudo, tão penetrativa como nas unidades A e B, havendo áreas consideráveis em que a estruturação penetrativa é de 1ª fase, estando expressa numa clivagem xistenta.

## DISCUSSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ainda que a sucessão de minerais índice e a recorrência de níveis metaconglomeráticos nas três unidades descritas aponte no sentido de uma uniformidade estratigráfica, remetendo a individualização destas unidades para os efeitos metamórficos, sugerindo um elevado gradiente metamórfico tal como é defendido em trabalhos anteriores (e.g. Teixeira *et al.*, 1962; Portugal Ferreira, 1982; Valle Aguado, 1992; Valle Aguado *et al.*, 1993; Ribeiro *et al.*, 2008) o acumular de evidências de deformação fortemente não coaxial, tais como as acima referidas, leva a que deva ser admitida a hipótese de ocorrerem acidentes discretos, sublinhados por faixas filoníticas, de importância ainda por definir. A mesma problemática foi encontrada durante os trabalhos da folha 17-A (Viseu) da Carta Geológica de Viseu (Ferreira e Castro, 2010), onde foram interpretados



importantes acidentes cisalhantes em idêntico contexto geológico. A extensão geográfica destas características ao longo da Faixa Metamórfica Porto-Viseu justifica a atenção de investigações futuras no sentido de discernir entre uma zonalidade metamórfica condensada associada a um elevado gradiente metamórfico ou saltos metamórficos relacionados com acidentes com milonitização mais ou menos intensa ou, ainda, pela conjugação simultânea e /ou sucessiva destes dois eventos.

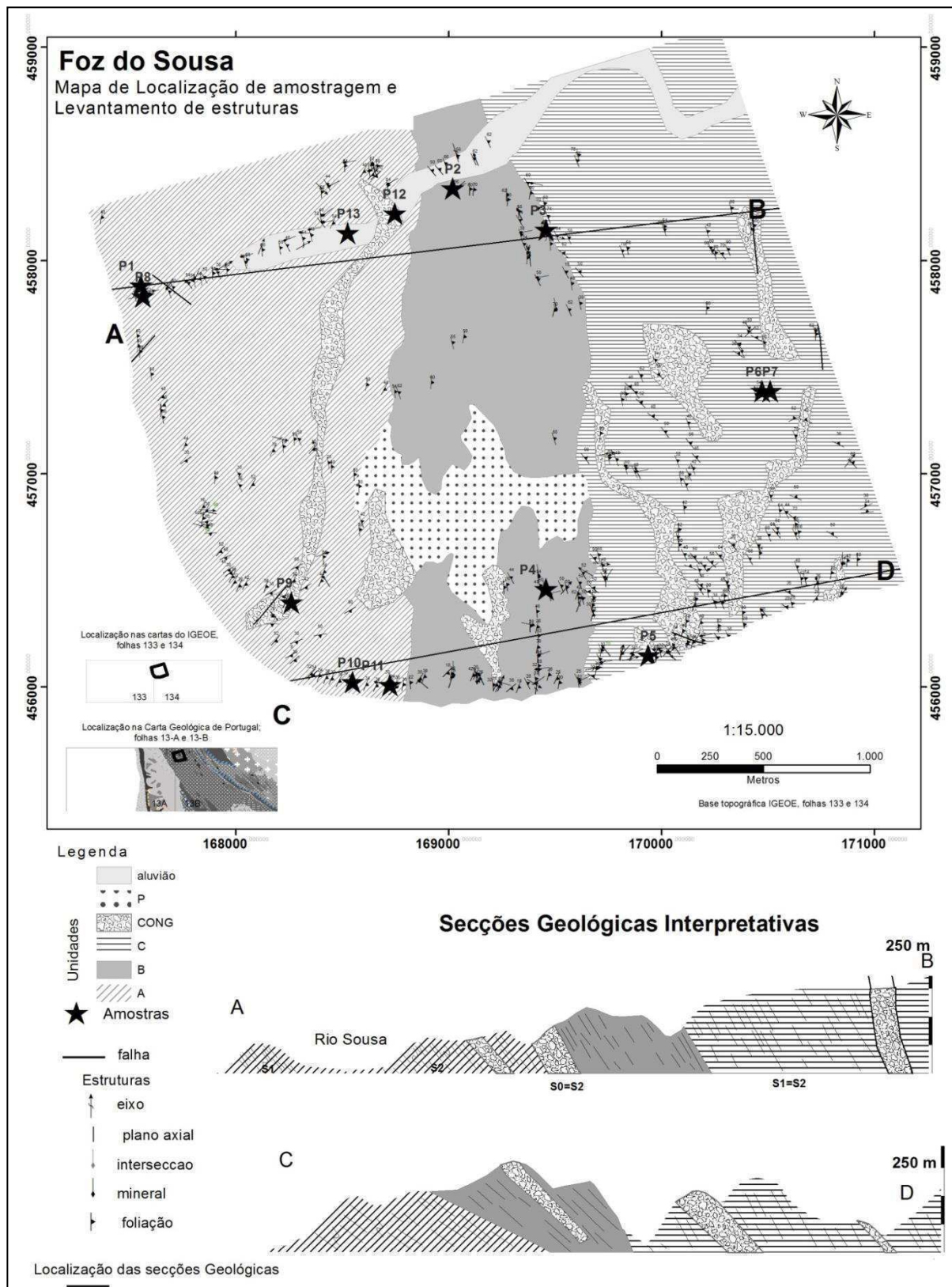
### Agradecimentos

Ao Doutor Carlos Meireles do LNEG pelo interesse e opiniões formuladas durante as visitas de campo à área de trabalho, que ajudaram a aclarar algumas das questões em análise. Aos dois revisores anónimos pelas sugestões e correcções apresentadas, que contribuíram para aperfeiçoar este trabalho.

### Bibliografia

- DIAS, R. (1994). *Regimes de deformação no autóctone da Zona Centro-Ibérica: importância para a compreensão do arco Ibero-Armoricano*. Tese de doutoramento não publicada. Fac. Ciências Univ. Lisboa, Lisboa, 268 p.
- FERNANDES, J. P., CHAMINÉ, H. I. E SODRÉ BORGES, F., 1998. *Considerações Sobre o possível significado de marcadores cinemáticos na Unidade dos Xistos de Fânzeres (Porto, Portugal)*. In: 4<sup>a</sup> Conferência Anual GGET'98. GEOlogos, Revista do Departamento de Geologia da Universidade do Porto, 2, pp. 153-156.
- FERREIRA, N. E CASTRO, P. (Coord.) (2010). Carta Geológica de Portugal à escala 1/50 000, Folha 17-A, Viseu, LNEG, Laboratório de Geologia e Minas, Unidade de Investigação de Geologia e Cartografia Geológica, Lisboa.
- MEDEIROS, C. (1963). Carta Geológica de Portugal à escala 1/50 000, Folha 13-B, Castelo de Paiva, Direcção Geral de Minas e Serviços Geológicos, Lisboa.
- PORTUGAL FERREIRA, M. (1982). *A magmatic arc in the Iberian segment of the Hercynian chain: I - The Northwest-southeast lineament between Oporto (Portugal) and Zarza La Mayor (Spain)*. Mem. Not., Coimbra, 94, pp. 31-50.
- REAVY, J. (1987). *An investigation into the controls of granite plutonism in the Serra da Freita region, Northern Portugal*. Tese de doutoramento não publicada. Universidade de St Andrews.
- REAVY, R. J. (1989). *Structural controls on metamorphism and syn-tectonic magmatism: the Portuguese Hercynian collision belt*. J. Geol. Soc., London, 146: 649-657.
- RIBEIRO, M.A., SANT'OVAIA, H., DÓRIA, A., (2008a). *Deformação, metamorfismo e magmatismo na região do Porto*. In: A Terra: Conflitos e Ordem. Homenagem ao Prof Ferreira Soares, MMGUC, Coimbra, 273-282;
- RIBEIRO, M.A., DÓRIA, A., SANT'OVAIA, H., (2008b). *Relações entre deformação, magmatismo e metamorfismo na região oriental do maciço do Porto*. In: Sant'Ovaia, H., Dória, A. & Ribeiro, M.A.(eds), "GGET'08 – 8<sup>a</sup> Conferência Anual, 24-25 de Julho 2008" – Resumos alargados, Memórias nº 13, Univ. Porto, Faculdade de Ciências, Dep<sup>o</sup> Geologia, 39-43.
- SCHERMERHORN, L. J. G (1956). *Igneous, metamorphic and ore geology of the Castro Daire – São Pedro do Sul – Sátão region (Northern Portugal)*. Comun. Serv. Geol. Portg., 37, pp. 5-617.
- SOEN, O. I. (1970). *Granite intrusion, folding and metamorphism in central northern Portugal*. Boletim Geológico y Minero, LXXXI-II-III, pp. 271-298.
- TEIXEIRA, C. (1962). Carta Geológica de Portugal à escala 1/50 000, Folha 13-A, Espinho, Direcção Geral de Minas e Serviços Geológicos, Lisboa.
- VALLE AGUADO, B., 1992. *Geología estructural de la Zona de Cizalla de Porto-tomar en la region de Oliveira de Azeméis – Serra da Arada (Norte de Portugal)*. Tese de Doutoramento não publicada, Universidade de Aveiro.
- VALLE AGUADO, B., ARENAS, R., MARTÍNEZ CATALÁN, J. R. (1993). *Evolución metamórfica hercínica en la región de la Serra de Arada (Norte de Portugal)*. Comunicações Instituto Geológico e Mineiro, 79, pp.41-61.

## Anexo 1



**Figura 1** – Mapa geológico da secção entre a foz do rio Sousa e a barragem de Crestuma-Lever, com esquematização das 3 unidades tectonometamórficas cartografadas e respetivas estruturas.

## ***Influência da Zona de Cisalhamento Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo na região de Abrantes; uma estrutura de primeira ordem à escala do Orógeno Varisco na Ibéria***

*Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo influence in Abrantes Region; a first order structure in Iberian Variscan Belt*

N. Moreira<sup>1\*</sup>; R. Dias<sup>1,2</sup>; J. Romão<sup>3</sup>; J.C. Pedro<sup>2,4</sup>; A. Ribeiro<sup>4,5</sup>

<sup>1</sup> Centro de Geofísica de Évora & LIRIO (Laboratório de Investigação de Rochas Industriais e Ornamentais da Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade de Évora), Pólo de Estremoz da UÉvora, Convento das Maltezas, 7100-513 Estremoz;

<sup>2</sup> Dep. Geociências da Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade de Évora;

<sup>3</sup> LNEG-LGM, Unidade de Investigação de Geologia e Cartografia Geológica; Universidade Europeia;

<sup>4</sup> CeGUL (Centro de Geologia da Universidade de Lisboa);

<sup>5</sup> Dep. Geologia (Fac. Ciências / Univ. Lisboa) & Museu Nacional de História Natural e da Ciência.

\* nmoreira@estremoz.cienciaviva.pt

**Resumo:** A região de Abrantes é um sector chave na compreensão do Orógeno Varisco na Ibéria. Nesta região confluem duas das principais zonas de cisalhamento variscas, cuja caracterização é fundamental para a compreensão geodinâmica deste orógeno: a Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo e a Tomar-Badajoz-Córdoba. Trabalhos em curso permitiram pôr em evidência duas fases de deformação dúctil, a primeira das quais ostentando transporte tangencial com topo para o quadrante NW, possível de correlacionar com a actuação da zona de cisalhamento Tomar-Badajoz-Córdoba e a segunda directamente relacionada com a Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo, mostrando um regime de deformação não-coaxial dextrógiro. A variação à escala regional da estruturação na Tomar-Badajoz-Córdoba dos seus domínios orientais para os domínios ocidentais, onde se inclui o sector de Abrantes, poderá ser resultante do efeito barreira de uma estrutura de primeira ordem à escala crustal localizada a Oeste desta região, a Zona de Cisalhamento Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo conferindo a esta estrutura grande importância na evolução geodinâmica deste orógeno.

**Palavras-chave:** Abrantes, Orógeno Varisco, Zona de Cisalhamento Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo

**Abstract:** The Abrantes region is a key sector to understand the Iberian Variscan Belt. Two major Variscan shear zones interact in this sector and their characterization is fundamental to the geodynamics of this orogen: the Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo and the Tomar-Badajoz-Córdoba. Present work shows two ductile deformation phases: the first one, with tangential transport with top to NW, could be correlated with the Tomar-Badajoz-Córdoba shear zone; and the second one related with a non-coaxial dextral shear associated to the Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo shear zone. The structural pattern in the vicinity of the Tomar-Badajoz-Córdoba shear zone, change from the western to the eastern domains (where Abrantes sector is located); such pattern could be induced by the interference with the first order Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo Shear Zone, that behaves as barrier to the propagation of the regional sinistral kinematics. This new data supports the major role of this shear zone during the Variscan evolution.

**Key-words:** Abrantes, Variscan Belt, Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo Shear Zone

## INTRODUÇÃO

As zonas de cisalhamento Tomar - Badajoz - Córdoba (zcTBC) e Porto – Tomar – Ferreira do Alentejo (zcTBFA) são estruturas de primeira ordem do orógeno Varisco, cuja caracterização é fundamental para a compreensão da evolução geodinâmica deste orógeno. Neste contexto a região de Abrantes é um sector chave visto corresponder à zona de confluência entre estas zonas de cisalhamento.

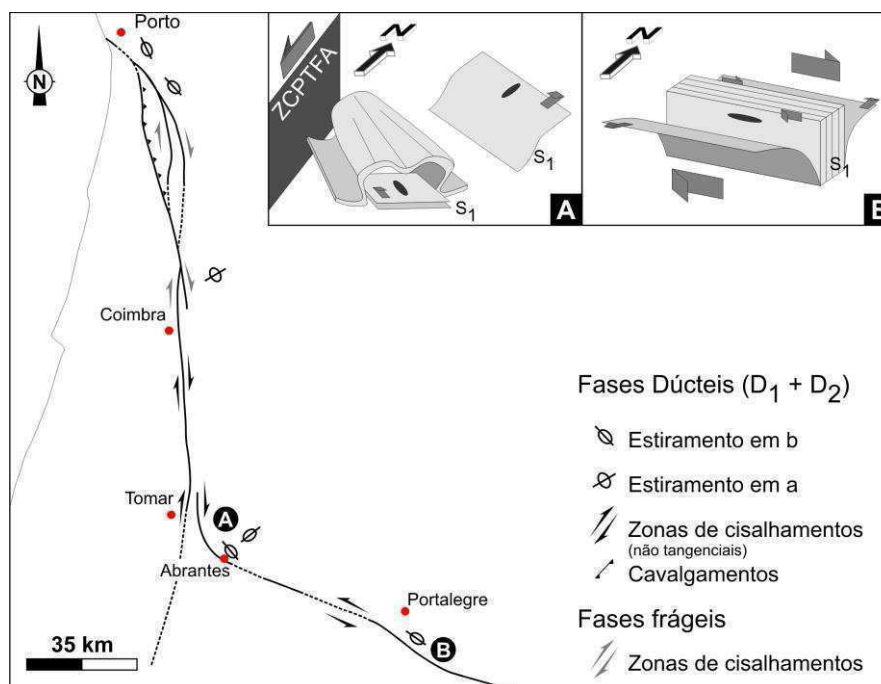
Com efeito, a cinemática varisca predominantemente esquerda da zcTBC, de orientação WNW-ESE, gera problemas de espaço no sector de Abrantes (devido à presença da zcPTFA, de orientação NNW-SSE, com uma cinemática direita dominante) induzindo necessariamente uma geometria distinta da que caracteriza esta estrutura nos seus sectores mais orientais. Estudos prévios preliminares nos sectores ocidentais da zcTBC (*e.g.* Ribeiro *et al*, 2009; 2013) põem em evidência nesta região a existência de uma possível macrodobra em bainha, quilométrica, deitada e vergente para WNW, que contrasta com a geometria em flor compósita, típica da generalidade desta estrutura (Pereira, 1999). A cartografia publicada por Gonçalves *et al* (1979) colocou em evidência uma variação na vergência das estruturas na região de Abrantes, referindo a presença de uma vergência para NW do sector nordeste e para SW do sector sudoeste, contudo sem nunca interpretar o seu significado geodinâmico da referida variação. Esta variação é contudo compatível quer com a interpretação de Ribeiro *et al* (2007; 2013) para a região, quer com o prolongamento para Oeste da estrutura em flor típica dos domínios mais orientais da zcTBC.

## ESTRUTURA NA REGIÃO DE ABRANTES

Os trabalhos em curso permitiram evidenciar que a estrutura da região de Abrantes é consequência da actuação de duas fases de deformação dúcteis e outras tantas frágeis a frágeis-dúcteis, todas elas associadas à orogenia Varisca.

A primeira fase de deformação dúctil ( $D_1$ ) apresenta variação na região de Abrantes nas suas características estruturais desde o sector mais a Oeste para o mais a Este. Na zona axial da estrutura, a  $D_1$  é responsável pela génese de uma xistosidade em fácies anfibolítica a xistos verdes alta (com alternância de níveis ricos em anfibola verde - hornblenda actinolítica? - com níveis ricos em quartzo+feldspatos alcalinos+plagioclase) e uma lineação de estiramento ( $X_1$ ) sub-horizontal muito forte na zona axial, onde predominam dobras em bainha à meso-escala. Estas dobras surgem em formações metassedimentares litologicamente similares às formações neoproterozóicas com afinidades com a Zona de Ossa-Morena. Na zona axial da estrutura, surge ainda um granito (granito de Maiorga) que apresenta uma deformação varisca intensa, responsável pela alteração da sua textura granular, para uma textura gnaissica micro-ocelada. Tendo em conta a relação geométrica entre a foliação  $S_1$  (ligeiramente inclinada para SE) e o estiramento  $X_1$  (mergulhante no mesmo sentido), bem como alguns indicadores cinemáticos (*e.g.* estruturas C-S e assimetria de fenocristais) visíveis no granito, é possível deduzir a presença de um sentido de transporte tangencial com topo

para NW associado a esta fase de deformação varisca, algo que até agora não tinha sido cartografado em detalhe. Os sectores Este e Oeste, que bordejam a zona axial, apresentam um metamorfismo menos intenso, na fácies dos xistos verdes. Aqui geram-se dobras assimétricas  $D_1$  com vergência geométrica (e estratigráfica) para E e W, respectivamente nos bordos E e W, sendo o estiramento  $X_1$  menos penetrativo, mas também ele sub-horizontal.



**Figura 1** – Variação espacial da cinemática e dinâmica da zcTBC e zcPTFA, pondo em evidência a passagem da estrutura em flor típica da região de Portalegre (B) para a macro-dobra em bainha típica da região de Abrantes (A).

A xistosidade  $S_1$  é claramente afectada pela segunda fase de deformação dúctil ( $D_2$ ), de carácter não-coaxial. Esta fase de deformação apresenta também ela variações espaciais, sendo mais intensa para Oeste. A  $D_2$  é responsável pelo desenvolvimento de bandas C-C' bastante penetrativas e paralelas à xistosidade  $S_1$ , que se encontra verticalizada por esta fase de deformação. Onde a componente de deformação não-coaxial direita parece ser menos preponderante a xistosidade  $S_1$  encontra-se dobrada isoclinalmente, mostrando eixos sub-horizontais. Este dobramento desenvolve uma clivagem incipiente, visível macroscopicamente nos níveis mais pelíticos, ou alternativamente a nível microscópico. A  $D_2$  chega a obliterar quase por completo as estruturas de primeira fase nas unidades mais siliciclásticas.

Os critérios cinemáticos direitos associados à  $D_2$  surgem a diversas escalas desde a micro- até à macroescala, onde se pode observar, inclusive, padrões de interferência de dobramento do tipo 3 (Ramsay, 1967) a nível cartográfico.

No que respeita às fases de deformação frágeis a frágeis-dúcteis, uma fase mais precoce parece estar relacionada com os episódios mais tardios da zcPTFA, caracterizando-se por zonas de cisalhamento locais, com cinemática direita que afectam as estruturas dúcteis anteriores. A fase posterior de

deformação tardia é correlacionável com os episódios de deformação Tardi-Varisca; este episódio caracteriza-se por uma fracturação intensa de orientação NE-SW vertical, com evidências de cinemática esquerda.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados recentemente obtidos permitem verificar a clara influência da zcPTFA na estruturação da região de Abrantes. De facto, esta zona de cisalhamento apresenta uma deformação não-coaxial, de cinemática direita que afecta toda a região estudada, quer em regime dúctil quer em regime dúctil-frágil, parecendo apresentar um acentuado espectro temporal de acção; aliás, a extrema importância desta zona de cisalhamento na evolução geodinâmica do orógeno varisco desde a fase principal  $D_1$  foi já proposta por diversos autores (*e.g.* Dias & Ribeiro, 1993; Shelley & Bossière, 2002; Ribeiro *et al*, 2007; 2009). A transição da estruturação típica da zcTBC, da região de Portalegre para a região de Abrantes (responsável pela  $D_1$ ), parece também corroborar a importância da zcPTFA durante a evolução do orógeno Varisco. Consequentemente, o regime de deformação transpressivo esquerdo típico dos sectores orientais da zcTBC, altera-se na região de Abrantes, passando a um regime tangencial com transporte com topo para NW, algo que é compatível com um efeito de barreira causado pela existência de uma estrutura de primeira ordem a nível crustal localizada a Oeste da zcTBC, impedindo assim a propagação da deformação para ocidente. Esta estrutura crustal, poderia ser a zcPTFA, que deveria estar activa desde as fases mais precoces do orógeno varisco. Os dados actualmente colectados contrastam com os dados apresentados por Pereira *et al* (2009) para a região, que propõe que a zcPTFA apresente apenas importância nas fases tardias do orógeno varisco.

### Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação Calouste Gulbenkian pelo financiamento do trabalho, através do “Programa Estímulo à Investigação 2011” e à Fundação para a Ciência e Tecnologia pela bolsa de doutoramento de referência (SFRH/BD/80580/2011) atribuída a Noel Moreira. Os autores agradecem também ao financiamento atribuído ao Centro de Geofísica de Évora, através do contrato com a Fundação para a Ciência e a Tecnologia (referência: PEst-OE/CTE/UI0078/2011).

### Bibliografia

- DIAS, R., RIBEIRO, A. (1993) - *Porto-Tomar shear zone, a major structure since the beginning of the Variscan orogeny*. Comun. Inst. Geol. e Mineiro, 79, 29-38.
- GONÇALVES, F., ZBYSZEWSKI, G., CARVALHOSA, A., COELHO, A. (1979). *Notícia explicativa da folha 27-D (Abrantes) da Carta Geológica de Portugal na escala de 1:50 000*. Serv. Geol. Portugal, Lisboa, 75 p.
- PEREIRA, M.F. (1999). *Caracterização da estrutura dos domínios setentrionais da Zona de Ossa-Morena e seu limite com a Zona Centro-Ibérica, no Nordeste Alentejano*. Tese de doutoramento não publicada, Universidade de Évora, Portugal, 115 p.
- PEREIRA, M.F., SILVA, J.B.; DROST, K., CHICHORRO, M., APRAIZ, A. (2009). Relative timing of the transcurrent displacements in northern Gondwana: U-Pb laser ablation ICP-MS zircon and monazite geochronology of gneisses and sheared granites from the western Iberian Massif (Portugal). *Gondwana Research*, doi: 10.1016/j.gr.
- RAMSAY, J.G. (1967). *Folding and Fracturing of rocks*. MacGraw Hill, New York, pp. 1-568.
- RIBEIRO, A., MUNHÁ, J., DIAS, R., MATEUS, A., PEREIRA, E., RIBEIRO, L., FONSECA, P., ARAÚJO, A., OLIVEIRA, T., ROMÃO, J., CHAMINÉ, H., COKE, C., PEDRO, J. (2007). Geodynamic evolution of SW Europe Variscides. *Tectonics* 26, TC6009.

- RIBEIRO, A., PEREIRA, E., FONSECA, P., MATEUS, A., ARAÚJO, A., MUNHÁ, J., ROMÃO, J. RODRIGUES, J. F., CASTRO, P., MEIRELES, C., FERREIRA, N. (2009). Mechanics of thick-skinned Variscan overprinting of Cadomian basement (Iberian Variscides). *C. R. Geosciences, Paris* 341 (2-3), 127-139.
- RIBEIRO, A., ROMÃO, J., MUNHÁ, J., RODRIGUES, J., PEREIRA, E., MATEUS, A., ARAÚJO, A. (2013). *Relações tectonostratigráficas e fronteiras entre a Zona Centro-Ibérica e a Zona Ossa-Morena do Terreno Ibérico e do Terreno Finisterra*. In: R. Dias, A. Araújo, P. Terrinha, J.C. Kullberg (Eds), *Geologia de Portugal*, vol. 1, Escolar Editora, 439-481.
- SHELLEY, D., BOSSIÈRE, G. (2002). Megadisplacements and the Hercynian orogen of Gondwanan France and Iberia. In J.R. Martínez Catalán, R.D. Hatcher, R. Arenas, F. Díaz García (Eds.) *Variscan-Appalachian Dynamics: The Building of the Late Paleozoic Basement*. Geological Society of America Special Paper 364, 209-222.

## ***De Tata a Tan-Tan: evidências para os grandes cisalhamentos direitos variscos no domínio do Anti-Atlas, Marrocos***

*From Tata to Tan-Tan: evidences for the great variscan dextral shear zones in the anti-Atlas domain, Morocco*

P. Almeida<sup>1,2,3,\*</sup>, R. Dias<sup>1,2,3,4</sup>, F. Amaral<sup>1,2</sup>, J. Correia<sup>1,2</sup>, M. Hadani<sup>1</sup>, N. Moreira<sup>1,2,3</sup>, I. Pereira<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>LIRIO, Universidade de Évora, Espaço Ciência, Convento das Maltezas, 7100-513, Estremoz, Portugal.

<sup>2</sup>Centro Ciência Viva de Estremoz, Universidade de Évora, Espaço Ciência, Convento das Maltezas, 7100-513, Estremoz, Portugal.

<sup>3</sup>Centro de Geofísica de Évora, Universidade de Évora, Rua Romão Ramalho, nº 59, 7000 Évora, Portugal.

<sup>4</sup>Departamento de Geociências, Universidade de Évora, Rua Romão Ramalho, nº 59, 7000 Évora, Portugal.

\* pdroalmeida@gmail.com

**Resumo:** Na cadeia montanhosa do Anti-Atlas é possível observar evidências para a presença de desligamentos direitos associados à colisão varisca que originou o supercontinente Pangeia. De Tata a Tan-Tan, é possível identificar um conjunto de virgações nas unidades geológicas/geomorfológicas principais, em que a *Jbel Bani* (crista quartzítica de idade ordovícia) e a *Jbel Rich* (unidades principalmente carbonatadas de idade devónica) sofrem rotações nas direcções gerais NE-SW para direcções próximas de ENE-WSW. A análise de elipsóides de deformação finita sugere a existência de rotações parciais devido a uma cinemática direita e a presença de dobramento flexural, tal como situações de partição da deformação. Estes dados, conjugados com a interpretação estrutural da região, fortalecem a interpretação da influência de uma tectónica não coaxial cisalhante em regime dextrógiro dominante, eventualmente associada a planos de descolamento basal que provocam o forte desemparelhamento da deformação observado na região do Anti-Atlas e que esteve activa durante o tardi-Varisco (Carbónico superior / Pérmico?).

**Palavras-chave:** Anti-Atlas, zona de cisalhamento direita, tectónica varisca, deformação finita

**Abstract:** In the Anti-Atlas Chain Mountain is possible to observe evidences for the presence of dextral shear zones associated to the variscan collision, that give rise to the Pangaea supercontinent. From Tata to Tan-Tan, it's possible to identify a set of major deflections of the main geological/geomorphological units, in which the *Jbel Bani* (a quartzitic crest of ordovician age) and the *Jbel Rich* (mainly carbonated units of devonian age) suffer rotation from the regional NE-SW direction to near an ENE-WSW trend. The analysis of the finite strain ellipsoid suggests the existence of partial rotations due to a dextral kinematics coupled with flexural bending, as well strain partition events. These data, combined with the structural interpretation for the region, strengthen the interpretation of the influence of a dominant non-coaxial tectonic dextral shear regime, associated to detachment basal plans cause that impose a strong decoupling of deformation observed in the region of the Anti-Atlas, active during late variscan tectonic (upper Carboniferous / Permian ?).

**Key-words:** Anti-Atlas, dextral shear zone, variscan tectonic, finite deformation

### **INTRODUÇÃO**

O processo de colisão que originou a formação do supercontinente Pangeia com a génese da Cadeia Varisca encontra-se globalmente associado a um regime de desligamento transpressivo direito com



direcção actual próxima de E-W uma cinemática particularmente evidentes nos seus estádios mais tardios (e.g. Arthaud & Matte, 1977; Ribeiro, 2002; Ribeiro *et al*, 2007; Dias *et al*, 2009). No sector Ibero-Marroquino estes eventos tardios variscos são assinalados por zonas de cisalhamento E-W a ENE-WSW com importância à escala orogénica e uma cinemática predominantemente direita; neste contexto são de destacar, por um lado, as zonas de cisalhamento Norte-Pirenaica e Açores-Gibraltar (Ribeiro *et al*, 2007) e, por outro, as de Tizi n'Test e Sul-Atlásica (Michard *et al*, 2010). Durante o processo de ruptura e dispersão da Pangeia estas estruturas, devido à sua importância à escala crustal, acabam por sofrer uma forte reactivação condicionando toda a evolução meso-cenozóica; no caso das primeiras, elas acabam por permitir a individualização da micro-placa Ibérica (Ribeiro *et al*, 2002), enquanto as segundas condicionam alguns dos principais relevos da região (e.g. Alto Atlas; El Harif *et al*, 2007). A evolução varisca destas estruturas é mais difícil de constranger nos sectores adjacentes à fronteira de placas Açores-Gibraltar entre a Ibéria e a Núbia, devido à forte reactivação Alpina; os sectores meridionais de Marrocos são por isso fundamentais para a compreensão da evolução tardi-varisca. No sector do Anti-Atlas é possível identificar várias destas estruturas E-W dextróginas, onde a reactivação alpina é negligenciável (Soulaimani & Burkhard, 2008; Michard *et al*, 2010), localizadas principalmente entre Tata e Tan-Tan.

### ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO E A ESTRUTURA DO ANTI-ATLAS

A cadeia varisca marroquina encontra-se segmentada em três domínios principais. O segmento meridional desta cadeia encontra-se representado pelo domínio Anti-atlásico / Sahariano, constituído por um soco Pré-câmbrico coberto por uma sequência meta-sedimentar de idade paleozóica, profundamente atingidos pelo orógeno varisco e por uma cobertura meso-cenozóica localmente afectada de uma forma frágil pela deformação atlásica. Os principais elementos geográficos da região são por isso fundamentalmente controlados pela evolução varisca, nomeadamente a *Jbel* (montanha) Bani (composta por quartzitos de idade ordovícica com dobramentos amplos com comprimentos de onda quilométricos e flancos longos bem marcados), a *Jbel* Rich (constituída por calcários Devónicos com dobras na ordem das dezenas ou centenas de metros), e a bordadura setentrional da Bacia de Tindouf (que constitui um monoclinial inclinado para S, constituído por fácies continentais de idade Carbónica), num relevo tipicamente Apalachiano. Do ponto de vista estrutural, o Anti-Atlas corresponde a uma grande estrutura em anticlinal com eixo geral NE-SW, em que nos flancos afloram a sedimentos paleozóicos e na zona axial é possível observar as rochas de idade ante-Paleozóica, resultado da erosão associada ao *uplift* da região. Os baixos fluxos térmicos presentes na região durante a orogenia varisca fazem com que o metamorfismo sentido seja de muito baixo grau (por vezes mesmo inexistente) e o magmatismo associado às fases colisionais inexistente (Piqué, 1994).

## DE TAN-TAN A TATA: AS EVIDÊNCIAS DE CISALHAMENTOS DIREITOS

Estudos recentes a nível de interpretação estrutural da região do Anti-Atlas complementados com estudos de deformação finita realizados nos quartzitos do Ordovícico suportam claramente a existência de grandes cisalhamentos ENE-WSW a E-W com uma cinemática dextrógiro, desenvolvidos em baixo grau de metamorfismo e provavelmente resultantes da reactivação de estruturas que afectam o soco pré-câmbrico (Almeida, 2011 e referências incluídas). Com efeito, tanto na *Jbel Bani* como na Rich a orientação regional NE-SW dos dobramentos varisco, sofre bruscas deflexões na direcção dos planos axiais que se aproximam de uma orientação E-W. Assim, na região de Tan Tan (Fig. 1) observa-se que o dobramento presente nas unidades ordovícicas e devónicas sofre uma forte inflexão da direcção inicial NNE-SSW a NE-SW para direcções próxima de ENE-WSW, sendo este padrão de inflexão repetido nas regiões ligeiramente a norte de Guelmine e de Guelmine-Es Semara, sugerindo a existência de cisalhamentos em profundidade e de comportamento dextrógiro.

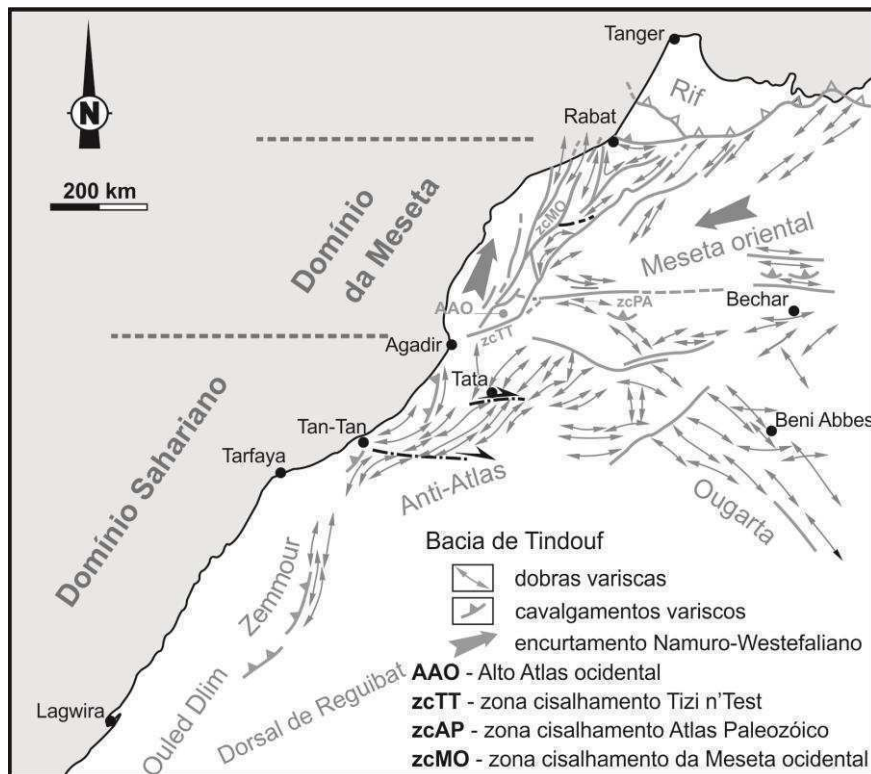


Fig. 1. Esboço estrutural com as principais estruturas variscas de Marrocos.

Mais a Norte, na região de Tata (Fig. 1), o padrão de deformação é mais complexo e heterogéneo, o que tem sido explicado pela existência de níveis de descolamento basais em unidades neoproterozóicas/câmbrico inferior e silúrica (Michard *et al*, 2010), que vão provocar o forte desemparelhamento da deformação (também observado na transição das unidades Câmbrico/Ordovício, no domínio de Taghjijt – Fane El Hisn e no domínio de Tan-Tan). Para além da virgação dos planos axiais para direcções próximas de E-W, é de destacar a forte curvatura de uma direcção próxima de NE-SW para ENE-WSW da crista quartzítica ordovícica da *Jbel Bani*. Neste sector

é igualmente possível observar que as unidades devónicas da *Jbel Rich* com direcção geral NE-SW sofrem uma interrupção abrupta de encontro às unidades ENE-WSW ordovícicas evidenciando a existência de um importante acidente entre ambas. Ainda nas unidades devónicas destaca-se a presença frequente de curvaturas dos planos axiais destas unidades que localmente rodam para ENE-WSW mostrando que os desligamentos direitos se desenvolvem a menores escalas na vizinhança da zona de cisalhamento de Tata reforçando a sua importância à escala regional. A acompanhar as evidências acima descritas, no segmento E-W da *Jbel Bani* e nos domínios imediatamente a N dela observam-se *kinks* com planos axiais NNE-SSW esquerdos e NNW-SSE direitos, bem como desligamentos paralelos à estratificação em regime de cisalhamento direito e com campo de tensões WNW-ESE; o facto destas estruturas só ocorrerem no segmento E-W, bem como o campo de tensões associado, mostram que elas se desenvolveram após a deflexão induzida pela zona de cisalhamento de Tata, ou pelo menos numa fase tardia desta deflexão, o que exclui a hipótese da falha de Tata constituir uma simples estrutura tardia cavalgante para sul como sugerido por alguns (Caritg *et al*, 2004).

### ELIPSÓIDES DE DEFORMAÇÃO FINITA

O andar estrutural em que ocorreu esta deformação foi relativamente superficial inibindo o desenvolvimento de elementos estruturais (como por exemplo clivagens), o que dificulta a interpretação estrutural desta região. Assim, foi considerado útil recorrer a estudos de deformação finita através da análise de elipsóides de deformação em grãos de quartos detríticos, em amostras recolhidas em bancadas quartzíticas de idade ordovícica. Nestas essencialmente foi observado o comportamento do eixo maior do elipsóide, visto que trabalhos anteriores (Dias & Ribeiro, 2008 e referências aí incluídas) mostram ser aquele que pode revelar mais facilmente os mecanismos de deformação actantes. Tanto em Tata como em Tan-Tan (Fig. 1), a orientação dos elipsóides nos sectores E-W a ENE-WSW mostra que as estruturas não resultaram apenas de uma reorientação rígida das estruturas anteriores, mas que houve uma deformação plástica dos grãos de quartzo que resulta da sobreposição de uma componente de cisalhamento direita à deformação associada aos dobramentos variscos principais. Para além disso, o distinto comportamento de elipsóides obtidos em bancadas adjacentes no domínio de Tata, evidencia a existência de fenómenos de partição da deformação, em regime de cisalhamento direito.

### CONCLUSÃO

Os trabalhos agora realizados mostram que os cisalhamentos à escala orogénica que têm vindo a ser descritos a nível do Varisco no sector ibero-marroquino, se repetem a escalas menores, podendo ser melhor caracterizados quando nos afastamos da zona de fronteira de placas entre a Ibéria e a Núbia. As regiões do Anti-Atlas no Sul de Marrocos em especial, mostram ser um local privilegiado para o

estudo destas zonas de cisalhamento direitas, tendo sido possível identificar e caracterizar a sua importância nas zonas de Tan-Tan e Tata.

#### Agradecimentos

Os autores querem agradecer ao Projecto de Cooperação CNRST(MARROCOS)/ GRICES (Portugal) - Importância dos Cisalhamentos direitos E-W; de Tan-Tan à Ibéria. Os autores também agradecem à Fundação Calouste Gulbenkian pelo financiamento do trabalho, através do “Programa Estímulo à Investigação 2011” e à Fundação para a Ciência e Tecnologia pela bolsa de doutoramento de referência (SFRH/BD/80580/2011) atribuída a Noel Moreira. Por fim, os autores agradecem também ao financiamento atribuído ao Centro de Geofísica de Évora, através do contrato com a Fundação para a Ciência e a Tecnologia (referência: PEst-OE/CTE/UI0078/2011).

#### Bibliografia

- Almeida, P. (2011). *Evolução geodinâmica da região de Tata (Anti Atlas), no contexto do varisco de marrocos: um análogo menor das grandes estruturas colisionais E-W variscas?*. Tese de mestrado não publicada. Universidade de Évora. Departamento de Geociências. Évora, 136 p.
- Arthaud, F., Matte, P., (1977). *Late paleozoic strike-slip faulting in southern Europe and northern Africa; Result of a right-lateral shear zone between the Appalachians and the Urals*. Geological Society America Bulletin 88, 1305-1320.
- Burkhard, M., Séverine, C., Helg, U., Robert-Charrue, C., Soulaïmani, A. (2006). *Tectonics of the Anti-Atlas of Morocco – Tectonics of the Anti-Atlas of Morocco*. Geoscience, 338, pp 11-24.
- Caritg, S., Burkhard, M., Ducommun, R., Helg, U., Kopp, L., Sue, C. (2004) – Fold interference patterns in the Late Paleozoic Anti-Atlas belt, Morocco. Terra Nova, 16/1, pp. 27 – 37.
- Dias, R., & Ribeiro, A. (2008) – Heterogeneous strain behavior in competent layers during folding in transpressive regimes. Geodinamica Acta, 21/4 pp. 219-229.
- Dias, R., Ribeiro, A., Hadani, M., Basile, C. & Hendaq, Y. (2009). *Late Variscan deformation in Iberia and Morocco. Oroclines & Delamination relations & Effects*, IGCP 497-574 Field Meeting (June 2009), Salamanca, Spain, pp. 314 – 317.
- El Harfi, A. G., Guiraud, M., Lang, J., Chellai, E. H., Lachkar, N. (2007). *Deep-rooted “thick skinned” model for the High Atlas Mountains (Morocco). Implications for the seismic Eurasia-Africa plate boundary region*. Estudios Geológicos, 63 (1), Enero-Junio 2007, 43-52, ISSN: 0367-0449.
- Hoepffner, C., Soulaïmani, A. & Piqué, A. (2005). The Moroccan Hercynides. *Journal of African Earth Sciences*, 43, 144-165.
- Hoepffner, Soulaïmani & Piqué (2005) – *The Moroccan Hercynides*. Journal of African Earth Sciences 43, pp. 144–165.
- Michard, A. Soulaïmani, A., Hoepffner, C., Ouanaimi, H., Baidder, L., Rjmati, E. C., Saddiqi, O. (2010) – *The South Western Branch of the Variscan Belt Evidence from Morocco*. Tectonophysics 492, pp. 1-24.
- Michard, A., Omar, S., Chalouan, A., Lamotte, D. Frizon (2008) – *Continental Evolution: Geology of Morocco - Structure, Stratigraphy and Tectonics of the Africa-Atlantic-Mediterranean Triple Junction*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Piqué, A. (1994) - *Géologie du Maroc, les domaines régionaux et leur évolution structural*. Imprimerie El Maarif, El Jadida, 278 pp.
- Piqué, Alain (2001) – *Geology of Northwest Africa / Alain Piqué*. Engl. Text by M.S.N. Carpenter. Berlin; Stuttgart: Borntraeger (Beitrage zur regionalen Geologie der Erde; Bd. 29) ISBN 3-443-11029-0.
- Ribeiro, A. (2002) – *Soft Plate Tectonics*. Springer-Verlag, 323 p.
- Ribeiro, A., Munhá, J., Dias, R., Mateus, A., Pereira, E., Ribeiro, L., Fonseca, P., Araújo, A., Oliveira, T., Romão, J., Chaminé, H., coke, C., Pedro, J. (2007). *Geodynamic evolution of the SW Europe Variscides*. Tectonics, 26, art. Nº TC6009; 24 pp.
- Soulaïmani, A. & Burkhard, M. (2008) – *The Anti-Atlas chain (Morocco): the southern margin in the Variscan belt along the edge of the West African craton*, in ENNIH, N. & LIÉGEOIS, J.-P. (eds) – *The Boundaries of the West African Craton*. Geological Society, London, Special Publications, 297, pp. 433 – 452.

## New insights for basal macronarians of Portuguese Upper Jurassic

Nova informação sobre os macronários basais do Jurássico Superior Português

P. Mocho<sup>1,2 \*</sup>, R. Royo-Torres<sup>3</sup> & F. Ortega<sup>4,2</sup>

<sup>1</sup> Unidad de Paleontología. Universidad Autónoma de Madrid. Darwin 2. 28049. Madrid, Espanha

<sup>2</sup> Laboratório de Paleontologia e Paleoecologia, Sociedade de História Natural, Polígono Industrial do Alto do Ameal, Pav.H02 e H06, 2565-641, Torres Vedras, Portugal

<sup>3</sup> Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis. Av. Sagunto s/n. E-44002 Teruel, Espanha

<sup>4</sup> Grupo de Biología Evolutiva. Facultad de Ciencias. UNED. C/ Senda del Rey, 9, 28040 Madrid, Espanha

\*p.mochopaleo@gmail.com

**Abstract:** Several works have been suggested the presence of non-titanosauriform macronarians in the Portuguese Upper Jurassic and this is supported by recent phylogenetic analyses. The phylogenetic reassessment of *Lourinhasaurus alenquerensis* allows identifying this taxon as a basal camarasauromorph close related with *Camarasaurus* and *Tehuelchesaurus*. The revision of classic and new material also sustains the presence of this type of sauropods in the Upper Jurassic of the Lusitanian Basin. The basal macronarians have a widespread distribution being identified in Europe, North and South America, Africa and, with doubts, in Asia.

**Key-words:** Macronaria, Sauropoda, *Lourinhasaurus alenquerensis*, Upper Jurassic

**Resumo:** Vários estudos têm sugerido a presença de macronários não-titanosauriformes no Jurássico Superior português. Recentemente, surgem os primeiros estudos cladísticos a suportar esta hipótese. O estudo filogenético de *Lourinhasaurus alenquerensis* permite identificar este táxon como um camarasauromorfo basal, estreitamente relacionado com *Camarasaurus* e *Tehuelchesaurus*. A revisão de material clássico assim como a existência de material inédito, sustenta a presença de este tipo de saurópodes no Jurássico Superior da Bacia Lusitaniana. Os macronários basais têm uma ampla distribuição ao longo do Jurássico Superior, sendo identificados na Europa, América do Norte, América do Sul, África e, com dúvidas, no continente asiático.

**Palavras-chave:** Macronaria, Sauropoda, *Lourinhasaurus alenquerensis*, Jurássico Superior

The sauropod remains from Upper Jurassic of Lusitanian Basin were traditionally related with contemporaneous forms from the North American Morrison Formation (Lapparent & Zbyszewski, 1957). Nevertheless, its reassessment and new findings have established the presence of three taxa considered as exclusive of the Iberian Peninsula: the basal macronarian *Lourinhasaurus* (Dantas *et al.*, 1998; Mocho, 2012), the diplodocid *Dinheirosaurus* (Bonaparte & Mateus, 1999; Mannion *et al.*, 2012), and the putative brachiosaurid *Lusotitan* (Antunes & Mateus, 2003; Mannion *et al.*, 2013). Beside these, it has been recognized representatives of Turiasauria (Royo-Torres *et al.*, 2009; Mateus, 2009; Ortega *et al.*, 2010; Mocho *et al.*, 2012), an eusauropod group originally described at Spain (Royo-Torres *et al.*, 2006, 2009); a close relative to *Camarasaurus* (Yagüe *et al.*, 2006); and finally, other diplodocid taxon (Mannion *et al.*, 2012). This communication will review the Portuguese Upper

Jurassic basal macronarian record with a new phylogenetic approach for *Lourinhasaurus alenquerensis*.

Lapparent & Zbyszewski (1957) established a new species of *Apatosaurus*, *A. alenquerensis* based on Portuguese Upper Jurassic material, including a relatively complete specimen of Moinho do Carmo (Alenquer). Several authors noted the similarities between this taxon and *Camarasaurus* (e.g. McIntosh, 1990). Dantas *et al.* (1998) erected a new genus for this material, *Lourinhasaurus alenquerensis*, which also included a new specimen from Porto Dinheiro (Lourinhã). However, the Porto Dinheiro specimen was posteriorly considered as the holotype of a new diplodocid named *Dinheirosaurus lourinhanensis* (Bonaparte & Mateus, 1999).

Moinho do Carmo specimen is the most complete sauropod individual from Portuguese Upper Jurassic. The lectotype is composed by axial and appendicular elements among which are several unpublished elements (Mocho, 2012). The reassessment of *Lourinhasaurus alenquerensis* lectotype results in a new and more complete diagnosis and codification for the morphological data matrices. The phylogeny proposed here considered *Lourinhasaurus* as a camarasauromorph macronarian, supported by the presence of: *i*) acute posterior margin on anterior dorsal vertebrae pleurocoels, *ii*) opisthocoelous condition up to the first sacral vertebrae, and *iii*) “plank-like” anterior dorsal ribs. *Lourinhasaurus alenquerensis* is also close related with *Camarasaurus* and *Tehuelchesaurus*, and shares with the former several anatomical features such as a marked caudal deflection of the ischiatic blade, a distal expansion of the scapular blade or the dorsal neural spine morphology.

The traditionally hypothesis that suggests the presence of basal macronarians at the Upper Jurassic of Portugal (e.g. McIntosh, 1990; Yagüe *et al.*, 2006) is supported by the herein proposed phylogenetic hypothesis. More recently, *Lusotitan* was also identified as a member of Macronaria related, with doubts, to the titanosauriform group Brachiosauridae (Mannion *et al.*, 2013). Some classic material and new occurrences also could be assigned to basal macronarians (Mocho *et al.*, 2011; 2013). Some spatulated teeth with complex cingulum found in Praia de Amoreira-Porto Novo, Sobral and Freixial Formations (Mocho *et al.*, 2011) resemble *Camarasaurus* teeth (e.g. Ostrom & McIntosh, 1966). Although this morphology is shared by some non-macronarian sauropods of the Upper Jurassic (e.g. Ouyang & Ye, 2002), the paleobiogeographic scenario for the Portuguese record would indicate the assignation of these teeth to Macronaria. A new site at Cambelas (Torres Vedras) also provided well-preserved axial elements, resembling the morphology of the dorsal vertebrae of *Camarasaurus supremus* (Osborn & Mook, 1921). Together, all these basal macronarian remains found in Lusitanian Basin range from upper Kimmeridgian to middle/upper Tithonian.

*Lourinhasaurus* is a form exclusive of the Iberian Upper Jurassic in concordance with other exclusive basal macronarians (Sanz *et al.*, 1987; Royo-Torres *et al.*, 2009). *Lourinhasaurus* shows several

similarities with members of the *Camarasaurus* genus, but also with *Aragosaurus*, a basal macronarian from Galve (Spain), traditionally dated as Early Cretaceous (Sanz *et al.*, 1987), but that could belong to the Upper Jurassic (Royo-Torres *et al.*, 2009). The European Upper Jurassic record of the basal macronarians would consist, therefore, in *Lourinhasaurus*, *Europasaurus* and probably *Aragosaurus* (Royo-Torres *et al.*, 2009; Carballido & Sander, 2013; Mannion *et al.*, 2013). Other Upper Jurassic European taxa, such as *Galveosaurus* (Carballido & Sander, 2013) or *Lusotitan* (Mannion *et al.*, 2013), would also be considered basal macronarians, but its phylogenetic assignation is still under debate.

### Acknowledgments

This research was supported by SFRH/BD/68450/2010 PhD scholarship, financed by the “Fundação para a Ciência e Tecnologia” (Portugal) and Ministerio de Educación e Innovación, Gobierno de España (project: CGL2009-07792, co-financed with FEDER funds). We want to thank for allow accessing specimens to M. Ramalho and R. Silva (MG, LNEG, Portugal), L. Chiappe and M. Walsh (NHMLAC, USA), J. M. Herrero (MPG, Spain), L. Póvoas and P. Dantas (MNHNC, Portugal), M. Cachão and C. M. da Silva (GeoFCUL, Portugal), M. F. C. Pereira (MDT, IST, Portugal), and L. Alcalá (FCPT-Dinópolis, Spain). We are also grateful to B. Silva, E. Malafaia, J. Reis and C. Esteves (SHN, Torres Vedras, Portugal); F. Escaso, I. Narváez, F. Marcos, and A. Pérez-García (UNED, Spain); S. Pereira (GeoFcul, Portugal), J. L. Sanz and E. Cuesta (UAM, Spain), F. Gascó and A. Cobos (FCPT-Dinópolis, Spain) for the support and comments. The Willi Hennig Society sponsors TNT cladistics software.

### Bibliografia

- ANTUNES, M.T. & MATEUS, O. (2003). Dinosaurs of Portugal. *Palevol*, 2, pp. 77-95.
- BONAPARTE, J.F. & MATEUS, O. (1999). A new diplodocid, *Dinheirosaurus lourinhanensis* gen et sp. nov., from the Late Jurassic beds of Portugal. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, 5(2), pp. 13-29.
- CARBALLIDO, J.L. & SANDER, P.M. (2013). Postcranial axial skeleton of *Europasaurus holgeri* (Dinosauria, Sauropoda) from Upper Jurassic of Germany: implications for sauropod ontogeny and phylogenetic relationships of basal Macronaria. *Journal of Systematic Paleontology*, 53pp, doi:10.1080/14772019.2013.764935
- DANTAS, P., SANZ, J.L., SILVA, C.M., ORTEGA, F., SANTOS, V.F., CACHÃO, M. (1998). *Lourinhasaurus* n. gen. novo dinossáurio saurópode do Jurássico superior (Kimmeridgiano superior-Titoniano inferior) de Portugal. *Actas do V Congresso de Geologia*, 84(1), pp. A-91-A-94.
- LAPPARENT, A.F. & ZBYSZEWSKI, G. (1957). Les dinosauriens du Portugal. *Memórias dos Serviços Geológicos de Portugal*, 2, pp. 1-63, 36pls.
- MANNION, P., UPCHURCH, P., BARNES, R.N., MATEUS, O. (2013). Osteology of the Late Jurassic Portuguese sauropod dinosaur *Lusotitan atalaiensis* (Macronaria) and the evolutionary history of basal titanosauriformes. *Zoological Journal of the Linnean Society*, doi: 10.1111/zoj.12029
- MANNION, P., UPCHURCH, P., MATEUS, O., BARNES, R.N., JONES, M.E.H. (2012). New information on the anatomy and systematic position of *Dinheirosaurus lourinhanensis* (Sauropoda: Diplodocoidea) from the Late Jurassic of Portugal, with a review of European diplodocoids. *Journal of Systematic Palaeontology* 10(3), pp. 521-551.
- MATEUS, O. (2009). The sauropod *Turiasaurus riodevensis* in the Late Jurassic of Portugal. *Journal of Vertebrate Paleontology* 29(3), pp. 144A.
- MCINTOSH, J.S. (1990). Sauropoda. In: *The Dinosauria*. Wheishampell, D.B., Dodson, P., Osmólska, H., (Eds.), University of California Press, pp. 345-401.
- MOCHO, P. (2012): *Phylogenetic reassessment of Lourinhasaurus alenquerensis (Dinosauria, Sauropoda) from the Upper Jurassic of Portugal (Moinho do Carmo, Alenquer)*. Unpublished Master Thesis, Universidad Autónoma de Madrid. 51 p.
- MOCHO, P., ROYO-TORRES, R., ORTEGA, F., SILVA, B. (2011). "Euhelopodidae" (Sauropoda) teeth from the Upper Jurassic of Portugal. *71st SVP Symposium of Vertebrate Paleontology (SVP), Las Vegas, USA 2nd-5th November. Program and Abstract*, pp. 160.
- MOCHO, P., ORTEGA, F., ROYO-TORRES, R. (2012). Morphological variation of Turiasauria-like teeth and their stratigraphic distribution in Portuguese Upper Jurassic. *Fundamental* 20: 161-163.

- MOCHO, P., ROYO-TORRES, R., ORTEGA, F., SILVA, B. (2013). Macronarian record from the Upper Jurassic Of Portugal. *73st SVP Symposium of Vertebrate Paleontology (SVP), Los Angeles, USA 30<sup>th</sup> Octobre-2<sup>nd</sup> November. Program and Abstract*, pp. 178.
- ORTEGA, F., ROYO-TORRES, R., GASCÓ, F., ESCASO, F., SANZ, J.L. (2010). New evidences of the sauropod *Turiasaurus* from the Portuguese Upper Jurassic. *Abstract Volume 8th Annual Meeting of the European Association of Vertebrate Palaeontologists*, pp. 62.
- OSBORN, H.F. & MOOK, C.C. (1921). *Camarasaurus, Amphicoelias* and other sauropods of Cope. *Memoirs of the American Museum of Natural History*, new series, 3, pp. 247-387, 85pls.
- OUYANG H, YE Y. 2002. *The First Mamenchisaurian Skeleton with Complete Skull*, Mamenchisaurus youngi. Sichuan Publishing House of Science and Technology, Chengdu [Chinese], 111p.
- ROYO-TORRES, R., COBOS, A., ALCALÁ, L. (2006). A giant european dinosaur and a new sauropod clade. *Science*, 314, pp. 1925-1927.
- ROYO-TORRES, R., COBOS, A., LUQUE, L., ABERASTURI, A., ESPÍLEZ, E., FIERRO, I., GONZÁLEZ, A., MAMPEL, L., ALCALÁ, L. (2009). High European sauropod dinosaur diversity during Jurassic-Cretaceous transition in Riodeva (Teruel, Spain). *Palaeontology*, 52(5), pp. 1009-1027.
- SANZ, J.L, BUSCALIONI, A.D., CASANOVAS, M.L., SANTAFÉ, J.V. (1987). *Dinosaurios del Cretácico Inferior de Galve (Teruel, España)*. Estudios geológicos, extr. Galve-Tremp.
- YAGÜE, P., DANTAS, P., ORTEGA, F., CACHÃO, M., SANTOS, F.A.M., GONÇALVES, R., LOPES, S. (2006). New sauropod material from the Upper Jurassic of Areia Branca (Lourinhã, Portugal). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abh.* 240(3), pp. 313-342.



## ***Comunicações em poster***

## ***Avaliação da qualidade de águas interiores utilizando técnicas de detecção remota por satélite e in situ***

*Satellite remote sensing and in situ techniques for evaluation of inland water quality*

M. Potes<sup>1\*</sup>, M. J. Costa<sup>2</sup>, R. Salgado<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Geofísica de Évora, Rua Romão Ramalho, 59, 7000-671 Évora

<sup>2</sup> Universidade de Évora, departamento de Física, Rua Romão Ramalho, 59, 7000-671 Évora

\* [mpotes@uevora.pt](mailto:mpotes@uevora.pt)

**Resumo:** A garantia da qualidade de águas interiores pressupõe diversas actividades e abordagens, entre elas a reabilitação dos afluentes e a monitorização da qualidade da água. No que concerne ao contributo na monitorização da qualidade da água, o objectivo deste trabalho é o desenvolvimento de um método de detecção remota fiável, que permita a monitorização global e contínua da turbidez da água de sistemas lênticos. Os métodos de observação remota podem ser muito úteis no apoio ao controle que actualmente é efectuado pelas entidades competentes e que está limitado a observações e medições *in situ*. Por outro lado, o lançamento do satélite ENVISAT (ENVironmental SATellite) em Março de 2002, pela Agência Espacial Europeia (ESA), abriu novos horizontes no estudo de massas de água natural de dimensões reduzidas quando comparadas com mares e oceanos. Foi também desenvolvido um aparato para medições de radiância espectral descendente em profundidade com o objectivo final de determinar o coeficiente de extinção espectral da coluna de água.

**Palavras-chave:** Correção atmosférica, algoritmos empíricos, turbidez, coeficiente de extinção

**Abstract:** The quality control of inland lentic waters is fundamental since these constitute indispensable renewable water resources for a variety of purposes. A feasible low cost approach that allows for, continuously and globally, monitoring water quality was developed through the combination of satellite retrieved water surface spectral reflectance and limnological laboratory analyses. The present approach takes advantage of the Medium Resolution Imaging Spectrometer (MERIS) measurements, onboard ENVISAT satellite, as well as of the in situ samples of water turbidity. Light penetration in the water body is affected by absorption and scattering processes resulting in spectral intensity changes along the water column. Underwater measurements of spectral downwelling radiance were performed at several depths in order to compute the water column spectral extinction coefficient. Results show that the spectral downwelling radiance is highly dependent on solar zenith angle, water composition and wind speed. Spectral extinction coefficient was computed whenever a stable logarithmic profile of downwelling radiance was achieved.

**Key-words:** Atmospheric Correction, Empirical algorithmic, turbidity, extinction coefficient

### **INTRODUÇÃO**

O controlo da qualidade de águas interiores é feito pelas entidades competentes, no entanto, limita-se, devido a diversos factores, a medições *in situ* pontuais espacial e temporalmente. O estudo das propriedades de água superficiais a partir de técnicas de detecção remota de satélite permite que este controlo seja alargado a toda a massa de água e com a vantagem de ser diário. Contudo, as medidas obtidas pelo espectrómetro a bordo de satélite deve ser corrigida para os efeitos

atmosféricos, a fim de se obter a reflectância espectral da superfície da água, que por sua vez vai ser relacionada com as medições *in situ* (Potes et al., 2012). A estimativa de parâmetros de superfície através de detecção remota passiva consiste na combinação da razão de reflectâncias de superfície com diferentes comprimentos de onda com as medições *in situ*.

A penetração da energia solar nas camadas superiores de massas de água está sujeita a flutuações que afectam vários processos na zona eufótica, incluindo processos fotossintéticos e por conseguinte as comunidades fitoplanctónicas. Um parâmetro chave para quantificar a penetração da luz solar nas massas de água é o coeficiente de extinção. Foi demonstrado por Potes et al. (2012) que este parâmetro é muito importante na modelação da temperatura de superfície, utilizando para o efeito o modelo FLake aplicado à albufeira de Alqueva, sul de Portugal.

A Radiância espectral  $L$  ( $\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$ ) proveniente de uma direcção específica é definida como o fluxo radiante  $\Phi$ , num determinado ponto do campo de radiação, por unidade de área  $dA$ , por unidade de ângulo sólido  $d\Omega$  e por unidade de comprimento de onda  $\lambda$ :

$$L = \frac{d^3\Phi}{dA \cos \theta d\Omega d\lambda} \quad (1)$$

onde  $\theta$  é o ângulo zenital.

Enquanto nas camadas pouco profundas a distribuição da radiância é dominada pela luz solar directa, para as camadas mais profundas a luz difusa é dominante e a radiância decresce exponencialmente com o aumento da profundidade a uma taxa quase constante. Neste caso, a distribuição da radiância pode ser representada por,

$$L(\theta, \phi, z, \lambda) = L(\theta, \phi, z_0, \lambda) \exp \left\{ - \int_{z_0}^z K(\theta, \phi, \lambda) dz \right\} \quad (2)$$

onde  $\phi$  é o ângulo azimutal,  $z_0$  indica o nível inicial abaixo da superfície da água e  $K$  é o coeficiente de extinção.

## DESENVOLVIMENTO

O método baseia-se na utilização de medidas de satélite na região espectral do visível, em bandas espectrais estreitas (fora de bandas de absorção gasosas importantes), as quais são sensíveis a variações das substâncias opticamente activas localizadas à superfície da água. Para tal é necessária a determinação da reflectância espectral de superfície, obtida através da correcção atmosférica das imagens do espectrómetro MERIS (Medium Resolution Imaging Spectrometer) a bordo do satélite ENVISAT, com uma resolução espacial de  $300 \times 300 \text{ m}^2$ . A validação das reflectâncias espectrais da superfície resultantes tem vindo a ser realizada através de campanhas de medição da reflectância espectral da superfície da água, utilizando um espectroradiómetro portátil. Na Figura 1 são apresentados espectros de reflectância de superfície da água obtidos no dia 24 Fevereiro 2011 na

albufeira de Alqueva, sul de Portugal. Os espectros “FieldSpec” obtidos com o espectrorradiómetro portátil servem de validação para os espectros “MERIS L1+6S” obtidos por correcção atmosférica das imagens de satélite MERIS. É visível uma grande concordância entre espectros “FieldSpec” e “MERIS L1+6S” à excepção de um dos espectros obtidos com o espectrorradiómetro portátil.

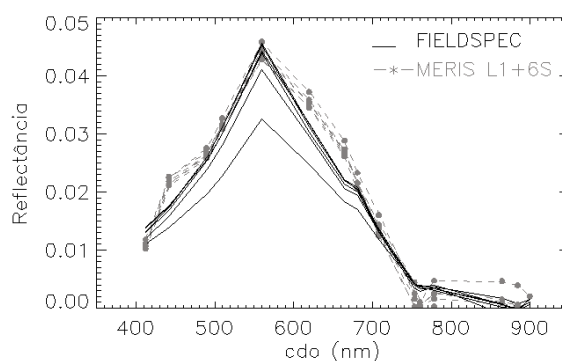


Fig. 1 – Espectros de reflectância de superfície obtidos para o dia 24 Fevereiro de 2011 através do espectrorradiómetro portátil (FieldSpec) e do método desenvolvido neste trabalho (MERIS L1+6S).

O algoritmo empírico desenvolvido para estimar a turbidez da água utiliza a razão das reflectâncias de superfície entre as bandas 5 e 1 do MERIS. Como mostra a Figura 2 o coeficiente de correlação é de 0.96 com erro quadrático médio de 3.62 NTU. B1 e B5 representam as reflectâncias de superfície corrigidas dos efeitos atmosféricos e adjacentes nas bandas 1 e 5 respectivamente (Potes et al., 2012).

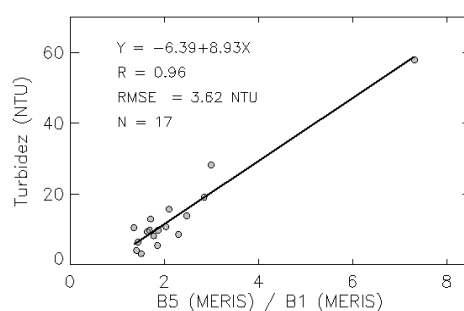


Fig. 2 – Modelo de regressão para o cálculo da turbidez da água utilizando as reflectâncias de superfície correspondentes às bandas 5 e 1 do MERIS.

Neste trabalho é explorado um aparato composto por um espectrorradiómetro portátil e um cabo óptico (fibra óptica) acoplado à ponta do mesmo para medições da distribuição da radiância em massas de água a várias profundidades com o objectivo final de ser calculado o coeficiente de atenuação espectral dessas massas de água a partir da Equação 2. Na Figura 3 é apresentado o coeficiente de extinção espectral obtido no dia 24 de Fevereiro de 2010 na lagoa de Thau, sul de França. Esta lagoa foi alvo de uma campanha de medições intensiva (chamada de THAUMEX, Le

Moigne et al., 2013), por parte da Météo-France, IFREMER e CGE, com os objectivo principal de determinar o balanço de energia à superfície e na coluna de água. A Figura ilustra a variação deste coeficiente ao longo dos comprimentos de onda do visível.

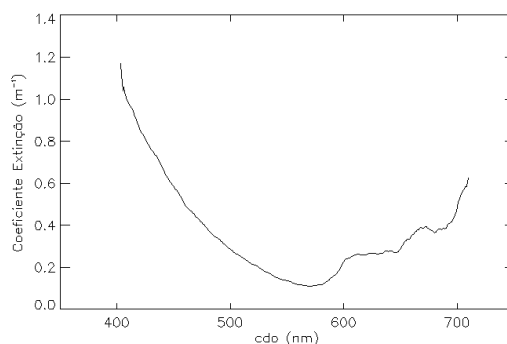


Fig. 3 – Coeficiente de extinção espectral obtido no dia 24 de Agosto 2011 na lagoa de Thau.

## CONCLUSÃO

Foi desenvolvida uma metodologia para obter a turbidez da água resultante da combinação de medições da reflectância espectral de satélite (MERIS) e de análises *in situ*. Uma questão crítica na obtenção de parâmetros de qualidade de água a partir de medidas de satélite é a existência de medições de alguns parâmetros atmosféricos que permitam uma correcção atmosférica adequada das imagens de satélite, sendo utilizadas no presente trabalho medições atmosféricas efectuadas regularmente no observatório do CGE, em Évora. No evento de precipitação estudado o sensor MERIS detectou o run-off (causado pelo evento) que causou um aumento da turbidez à superfície da água da albufeira. Foi desenvolvido um novo aparato que acoplado a um espectrorradiómetro portátil permite a medição da radiância espectral descendente em profundidade. Através desta medição foi possível calcular o coeficiente de extinção a partir do ponto em que o logaritmo da radiância decresce a uma taxa constante com a profundidade.

## Agradecimentos

Este trabalho foi financiado pelo FEDER (Programa Operacional Factores de Competitividade – COMPETE), pela FCT (Fundação para a Ciência e a Tecnologia) no âmbito da bolsa de doutoramento SFRH/BD/45577/2008 e pelo projecto FCOMP-01-0124-FEDER-009303 (PTDC / CTE-ATM / 102142 / 2008). Os autores querem também agradecer o financiamento disponibilizado pelo Centro de Geofísica de Évora, Portugal, através do contracto com a FCT - PEst-OE/CTE/UI0078/2011.

## Bibliografia

Le Moigne, P., Legain, D., Lagarde, F., Potes, M., Tzanos, D., Moulin, E., Barrié, J., Salgado, R., Messiaen, G., Fiandrino, A., Donier, S., Traullé, O. and Costa, M. J., 2013. Evaluation of the lake model Flake over a coastal lagoon during the THAUMEX field campaign. *Tellus-A*, accept on 10/09/2013.

Potes, M., Costa, M. J., Salgado, R. 2012. Satellite remote sensing of water turbidity in Alqueva reservoir and implications on lake modeling. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 16, 1623-1633.

Potes, M., Costa, M. J., Salgado, R., Bortoli, D., Serafim, A. and Le Moigne, P. 2013. Spectral measurements of underwater downwelling radiance of inland water bodies. *Tellus-A*, accept on 30/08/2013.

## ***Compressão uniaxial "start & stop" numa amostra de basalto poroso: análise de emissões acústicas e propriedades relacionadas***

*Uniaxial "start & stop" compression in a sample of porous basalt: analysis of acoustic emissions and related properties*

A. Martins<sup>1\*</sup>, H. G. Silva<sup>1</sup>, M. Moreira<sup>2</sup>, M. Bezzeghoud<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Évora, Departamento de Física, Centro de Geofísica de Évora, Rua Romão Ramalho 59, 7000 Évora

<sup>2</sup> Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Área Departamental de Física, Laboratório de Monitorização Microsísmica, Rua Conselheiro Emídio Navarro 1, 1959-007 Lisboa

\* afpm@uevora.pt

**Resumo:** Apresentamos uma série de resultados relacionados com um teste de compressão uniaxial feito num basalto poroso: localização tri-dimensional de emissões acústicas, relação magnitude-frequência, e evolução temporal das velocidades radial e axial médias, *b-value* e intervalo de magnitudes. Realizada no 'Laboratório de Monitorização Microsísmica' do 'Instituto Superior de Engenharia de Lisboa', a experiência consistiu em múltiplos ciclos de carga (a um ritmo de deformação constante) seguidos de um período de relaxamento no qual a deformação é mantida constante. Tanto quanto sabemos, a utilização deste protocolo em experiências de emissão acústica é uma novidade. Permite o estudo de processos de carga e relaxamento correlacionados, um cenário que é fisicamente relevante. Além disso, apesar da importância do basalto em sismologia vulcânica ser amplamente reconhecida, os estudos de emissão acústica nesse material são incomuns, particularmente nas suas formas mais porosas.

**Palavras-chave:** emissão acústica, fractura, microsismicidade, sismologia vulcânica, materiais porosos, materiais rochosos, *b-values*.

**Abstract:** We present a series of results related to an uniaxial compression test performed on a sample of porous basalt: three-dimensional localization of acoustic emissions, magnitude-frequency relation, and temporal evolution of the mean radial and axial velocities, *b-value* and magnitude range. Carried out at the 'Laboratório de Monitorização Microsísmica' of the 'Instituto Superior de Engenharia de Lisboa', the experiment consisted of multiple cycles of loading (at a constant strain rate) followed by a relaxation period in which deformation was held constant. To the best of our knowledge, the use of this protocol in acoustic emission experiments is a novelty. It permits the study of correlated loading and relaxation processes, a scenario that is physically relevant. Moreover, although the importance of basalt in volcanic seismology is widely recognized, acoustic emission studies of this material are uncommon, particularly in its high porosity forms.

**Key-words:** acoustic emission, fracture, microseismicity, volcanic seismology, porous materials, rock materials, *b-values*.

### **Preliminary Conclusions**

Frist a comparative study among three methods of calculating the *b-value*: linear fit, Aki and Page reveals that the latter is more suited to analyse the laboratory data [1]. The result of this study was applied here to the deformation of vesicular basalts [2] during which continuous registration of acoustic emissions was made. The experiment carried out by pressure thresholds stopped regularly the deformation, during 30 s, to perform P-wave velocity measurements.

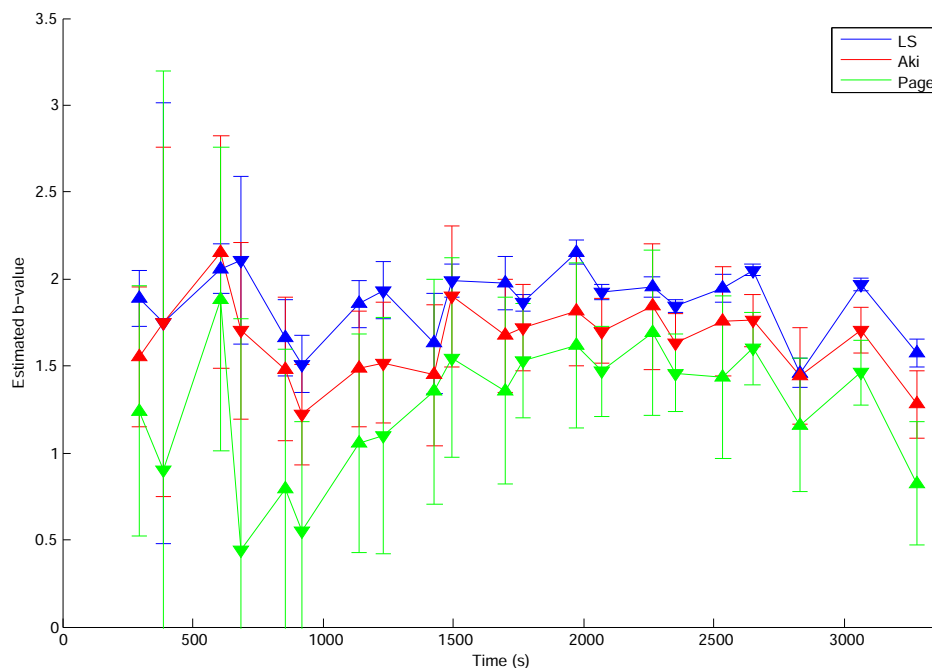


Fig.1 - Evolution of the parameter *b-value* during the experiment, assuming three possible methods calculation.

The results show that the values calculated by the method of Page are always below from the ones calculated by the methods of linear fit and Aki. In the phase of linear deformation the three methods give similar information. However, the Page method showed in the initial phase, 700 – 1200 seconds, of the experiment *b* - values lower, followed by an increase, and finally a decrease in the last moments of experience. This evolution is less clear in the case of linear adjustment or Aki. The first part of the evolution of the *b*-value, up to 700 seconds, is calculated based on few events that determine the high error bars.

**Acknowledgment** HGS acknowledges the support of two Portuguese institutions: the Science and Technology Foundation (FCT) for the Post-Doc grant SFRH/BPD/63880/2009, and the Calouste Gulbenkian Foundation for the grant Estimulo à Criatividade e à Qualidade na Actividade de Investigação in the science program of 2010.

#### Bibliografia

- [1] MARTINS, A., H.G. Silva, M. Moreira, and M. Bezzeghoud, Estimating the *b*-value parameter in laboratory acoustic emission experiments, (submitted to BSSA).
- [2] LOAIZA, S., J. Fortin, A. Schubnel, Y. Gueguen, S.Vinciguerra, and M. Moreira (2012). Mechanical behavior and localized failure modes in a porous basalt from the Azores, *Geophysical Research Letters* 39, L19304.

## ***Acoplamento eletroacústico em rochas sob ação mecânica***

### *Electro-acoustic coupling in rocks under mechanical action*

T. Queiroz<sup>1</sup>, H. G. Silva<sup>2</sup>, M. A. Salgueiro da Silva<sup>1,3</sup>, T. M. Seixas<sup>1,3\*</sup>, M. Moreira<sup>4</sup>, and M. Tlemçani<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade do Porto, Faculdade de Ciências, Departamento de Física e Astronomia, Rua do Campo Alegre, 687, 4169-007 Porto

<sup>2</sup> Centro de Geofísica da Universidade de Évora, Rua Romão Ramalho, 59, 7000, Évora

<sup>3</sup> Centro de Geofísica da Universidade de Coimbra, Av. Dr. Dias da Silva, 3000-134 Coimbra

<sup>4</sup> Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (ISEL), Rua Conselheiro Emídio Navarro 1, 1959-007 Lisboa

\* [tmseixas@fc.up.pt](mailto:tmseixas@fc.up.pt)

**Resumo:** O projeto EAC (PTDC/GEO-FIQ/4178/2012) centra-se no estudo do acoplamento eletroacústico em rochas sob ação mecânica [1]. Tem como objetivo a compreensão dos mecanismos de geração de sinais sismo-eletromagnéticos que ocorrem durante a fase preparatória de grandes eventos sísmicos [2]. A investigação planeada inclui medição de emissão acústica, potenciais e correntes elétricas, em rochas de diferentes tipos e tamanhos, sob tensão mecânica e tratamento térmico controlados. Nesta apresentação, descrevemos os sistemas experimentais de medida em desenvolvimento e os objetivos e protocolos de experiências planeadas.

**Palavras-chave:** acoplamento eletroacústico, emissão acústica, sinais elétricos, precursores sismo-eletromagnéticos.

**Abstract:** Project EAC (PTDC/GEO-FIQ/4178/2012) focuses on the study of electro-acoustic coupling in rocks under mechanical action [1]. It aims at understanding the mechanisms of generation of seismo-electromagnetic signals occurring during the preparatory phase of major seismic events [2]. The research planned includes measurement of acoustic emission, electrical potentials and currents in rocks of different types and sizes, under controlled mechanical stress and thermal treatment. In this presentation, we will describe the experimental measurement systems under development and the objectives and protocols of planned experiments.

**Key-words:** electro-acoustic coupling, acoustic emission, electrical signals, seismo-electromagnetic precursors.

#### **Agradecimentos**

HGS is grateful to the support from FCT for the post-doc grant SFRH/BPD/63880/2009. The authors also acknowledge the support from PTDC/CTE-GIX/100687/2008, and PTDC/GEO-FIQ/4178/2012 projects.

#### **Bibliografia**

- [1] FREUND, F., M. A. Salgueiro da Silva, B. W. S. Lau, A. Takeuchi, and H. H. Jones (2007). Electric currents along earthquake faults and the magnetization of pseudotachylite veins, *Tectonophysics* 431, 131.
- [2] AREIAS, P., H. G. Silva, N. Van Goethem, and M. Bezzeghoud (2013). Damage-based fracture with electro-magnetic coupling, *Comput Mech* 51, 629–640, DOI 10.1007/s00466-012-0742-6.



## ***Zonas sismogénicas nos Açores\****

*Azores seismic source zones*

J. Fontiela<sup>1,2 \*</sup>, C.S. Oliveira<sup>3</sup>, M. Bezzeghoud<sup>1</sup>, P. Rosset<sup>4</sup>, F.C. Rodrigues<sup>5,2</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Évora, departamento de Física, Centro Geofísico de Évora, Colégio Luis António Verney -  
Rua Romão Ramalho, 59 - 7002-554 Évora

<sup>2</sup> Centro de Investigação e Tecnologia Agrária dos Açores (CITA\_A) da Universidade dos Açores

<sup>3</sup> Instituto Superior Técnico, Departamento Engenharia Civil, Av. Rovisco Pais, Lisboa

<sup>4</sup> McGill University, Canada e WAPMERR, Suíça

<sup>5</sup> Universidade dos Açores, departamento Ciências Agrárias, Campus de Angra do Heroísmo

\* fontiela@gmail.com

**Resumo:** A sismicidade no arquipélago dos Açores é elevada devido ao contexto geodinâmico, no entanto a distribuição espacial é heterogénea e ocorre em *clusters*. Assim, é premente identificar as zonas sismogénicas cuja actividade sísmica e orientação dos campos de tensões sejam relativamente uniformes. Devido às limitações do catálogo sísmico só foi possível utilizar um intervalo de 12 anos. A metodologia aplicada permitiu identificar 11 zonas sismogénicas. Os resultados obtidos mostram a diversidade de sistemas de tensões a actuar no arquipélago que se traduzem em níveis diferentes de actividade sísmica em zonas contíguas.

**Palavras-chave:** Zonas sismogénicas, valor *a*, valor *b*, Açores

**Key-words:** Seismogenic zones, *a* value, *b* value, Azores)

### **INTRODUÇÃO**

O Arquipélago dos Açores devido ao enquadramento geodinâmico do arquipélago dos Açores (figura 1) apresenta características singulares em termos de vulcanismo e sismicidade. Desde o séc. XIV ocorreram 26 erupções e cerca de 93 sismos de  $M \geq 5$ . Alguns dos sismos tiveram fortes repercussões económicas e sociais. A sismicidade nos Açores é elevada mas de baixa magnitude. A actividade sísmica nos Açores ocorre em clusters temporais e espaciais em parte associados aos vulcões activos.

O Catálogo Sísmico da Região dos Açores (Nunes et al., 2004) apresenta muitas lacunas temporais. As lacunas continuam a existir na actualização do Catálogo Sísmico da Região dos Açores (Fontiela et al., em preparação) que cobre o período 1915 – 2013 (98 anos). Outro aspecto que limita a plena utilização dos actuais catálogos é a heterogeneidade de escalas de magnitude, sendo as mais utilizadas a magnitude local ( $M_L$ ) e magnitude da duração ( $M_D$ ).

O objectivo do trabalho é identificar as principais zonas sismogénicas nos Açores, isto é, zonas cuja actividade sísmica e orientação dos campos de tensões sejam estáveis ao longo do tempo.

## METODOLOGIA

Para identificar as principais zonas sismogénicas nos Açores, é necessário assegurar a qualidade do catálogo sísmico. Para tal utilizaram-se os seguintes critérios: o maior intervalo de tempo com o maior número de eventos com a mesma escala de magnitude, e a magnitude mínima a partir da qual o catálogo está completo. Aplicando estes critérios o intervalo seleccionado corresponde ao período Junho de 2000 a Julho de 2012. Refira-se que este intervalo foi exaustivamente analisado por Fontiela et al. (em preparação). Dado que a sismicidade ocorre em clusters, com as réplicas associadas no espaço e no tempo ao evento principal, há a necessidade de obter um catálogo sísmico cujos eventos sejam independentes entre si. Para remover os clusters utilizou-se o algoritmo desenvolvido por Reasenberg (1985) que está implementado no software ZMAP (Wiemer, 2001). Para facilitar a identificação de zonas sismogénicas foi feito o mapa com a densidade da actividade. O passo seguinte foi analisar os valores de  $a$  e  $b$ , obtidos através da relação de Gutenberg-Richter. O valor de  $a$  traduz a actividade sísmica enquanto o  $b$  traduz a frequência da distribuição da magnitude. As diferentes zonas sismogénicas, foram avaliadas seleccionando e combinando diferentes áreas até obter valores de  $a$  e  $b$  estáveis, sinal que actividade sísmica era estável naquela zona. Posteriormente, comparou-se cada uma das zonas sismogénicas identificadas, com os mecanismos focais (Dziewonsk et al., 1981 e Ekström et al., 2012) para avaliar o regime de tensões prevalente na zona sismogénica, e com a distribuição dos hipocentros dos sismos.

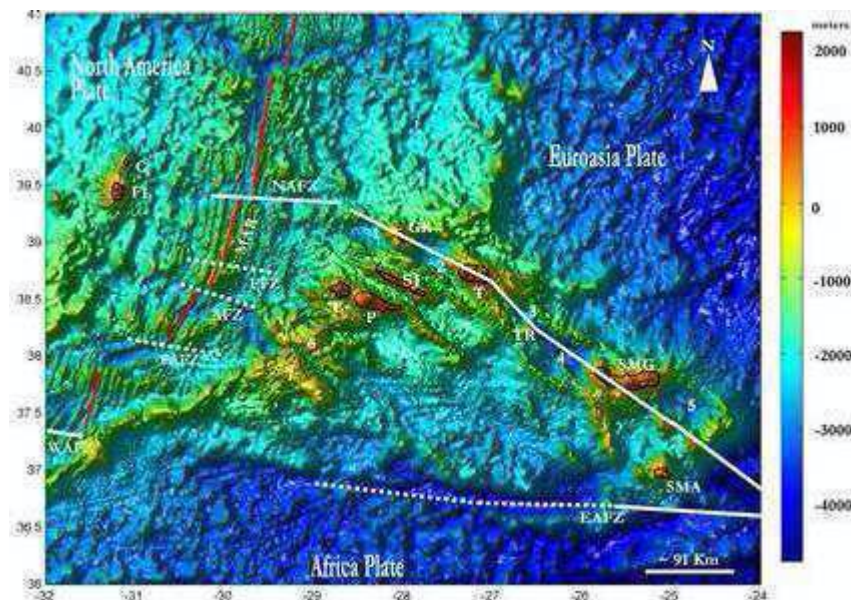


Figura 1. Principais estruturas tectónicas nos Açores. SMA – Santa Maria; SMG – São Miguel; T – Terceira; GR – Graciosa; SJ – São Jorge; P – Pico; F – Faial; FL – Flores; C – Corvo; 1 – Fossa Oeste Graciosa; 2 – Fossa Este da Graciosa; 3 – Fossa Norte Hirondele; 4 – Fossa Sul Hirondele; 5 – Fossa São Miguel; 6 – Banco Açor; 7 – Banco Princesa Alice. EAFZ – Zona Fractura Este dos Açores; TR – Rifte Terceira; NAFZ – Zona Fractura Norte dos Açores; MAR – Crista Média Atlântica; FFZ – Zona Fractura Faial; AFZ – Zona Fractura Açor; PAFZ – Zona Fractura Princesa Alice e WAFZ – Zona Fractura Oeste dos Açores (modificado de Madeira, 1998). Batimetria de Smith & Sandwell (1997)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aplicando a metodologia descrita foram identificadas 11 zonas sismogénicas (figura 2). As características principais de cada uma das zonas sismogénicas estão descritas na tabela 1. Nunes et al. (2000) e Carvalho et al. (2001) identificaram 28 e 9 zonas sismogénicas, respectivamente. Em ambos os trabalhos os autores não tiveram em consideração o mecanismo focal nem a distribuição dos hipocentros.

À parte das zonas sismogénicas identificadas, verificou-se que o conjunto dos sectores 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 apresentam valores mais elevados ( $b = 1,28 \pm 0,14$  e  $a$  (anual) = 5,27) que o conjunto dos sectores 9, 10 e 11 ( $b = 0,82 \pm 0,17$  e  $a$  (anual) = 3,75).

As 11 zonas sismogénicas apresentadas, apesar de preliminares não deixam de ser um bom indicador sobre as principais zonas sismogénicas nos Açores. Contudo é importante realçar que os resultados apresentados são com base numa série temporal muito curta, 12 anos, para este tipo de estudo. É de salientar que o curto período de tempo utilizado obscurece algumas zonas sísmicas que apresentaram actividade sísmica reduzida como seja o vulcão das Sete Cidades, em S.Miguel.

Para concluir, ficou evidente a diversidade de sistemas de tensões a actuar no arquipélago que se traduzem em níveis diferentes de actividade sísmica em zonas contíguas. As zonas sismogénicas identificadas acomodam-se perfeitamente às estruturas tectónicas conhecidas do arquipélago.

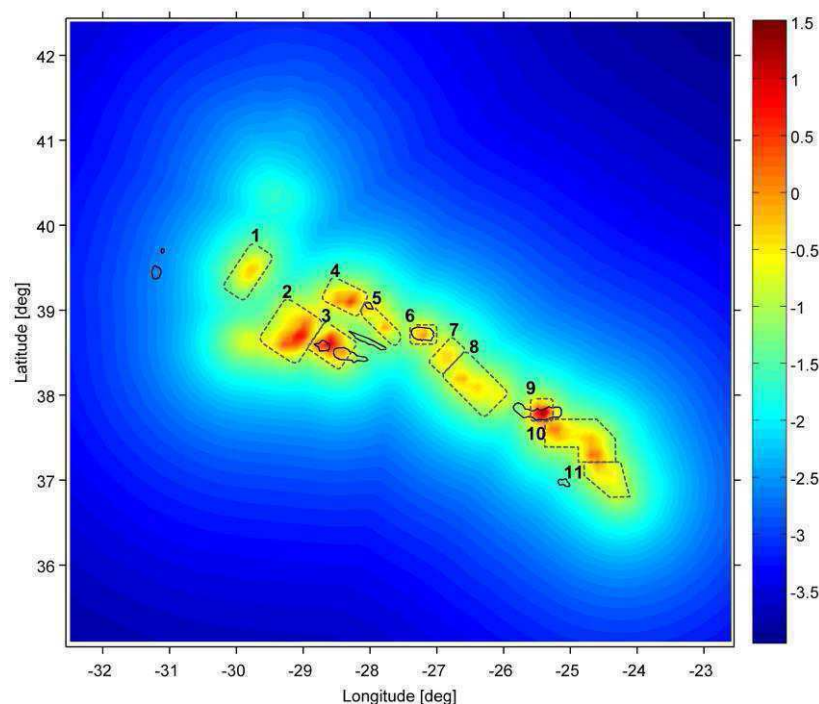


Figura 2. Mapa com as zonas sismogénicas identificadas e no fundo densidade de sismos. A escala é Log (sismos /Km<sup>2</sup>)

Tabela 1: Características das zonas sismogénicas identificadas

Zona Sismog.	a-value (anual)	b-value	N.º sismos M ≥ 5	Mag. máx.	Outras características
1	5,86	1,57 ± 0,6	2	5,1	
2	4,9	1,26 ± 0,3	5	6	
3	3,9	1,17 ± 0,14	2	5,8	Único mecanismo focal conhecido é tipo deslizamento horizontal direito, sismos até 35 Km profundidade.
4	4,14	1,21 ± 0,22	2	5,7	Mecanismos focais do tipo inverso, sismos até 40 Km profundidade.
5	2,88	1,06 ± 0,36	1	7,2	Único mecanismo focal conhecido é tipo deslizamento horizontal direito.
6	1,72	0,72 ± 0,23	-	-	
7	4,41	1,41 ± 0,23	2	5,4	Mecanismos focais tipo deslizamento-horizontal esquerdo, sismos até 40 Km profundidades.
8	3,96	1,08 ± 0,21	7	5,9	Não existe uma tendência definida.
9	2,52	0,93 ± 0,08	-	-	Movimentos típicos tipo deslizamento horizontal (Silva et al., 2012).
10	3,35	0,79 ± 0,13	6	5,5	Não existe uma tendência definida
11	3,2	0,85 ± 0,25	4	7	Os movimento típicos variam entre o deslizamento-horizontal esquerdo e inverso

### Bibliografia:

- Carvalho, A., M. L. Sousa, C. S. Oliveira, A. Campos-Costa, J. C. Nunes, V.H. Forjaz (2001). Seismic hazard for the Central Group of the Azores Islands, Bolletino di Geofisica Teorica ed Applicata, 42(1-2), 89–105.
- Dziewonski, A. M., T.-A. Chou, J. H. Woodhouse, (1981). Determination of earthquake source parameters from waveform data for studies of global and regional seismicity, J. Geophys. Res., 86, 2825-2852. doi:10.1029/JB086iB04p02825
- Ekström, G., M. Nettles, A. M. Dziewonski (2012) The global CMT project 2004-2010: Centroid-moment tensors for 13,017 earthquakes, Phys. Earth Planet. Inter., 200-201, 1-9. doi:10.1016/j.pepi.2012.04.002
- Fontiela, J., J.C. Nunes, C.S. Oliveira, F. C. Rodrigues, P. Rosset (em preparação). Update of the Earthquake Catalog of the Azores Region.
- Fontiela, J., C.S. Oliveira P. Rosset (em preparação). Earthquakes on the Azores: an overview 2000 – 2012. In Volcanism in the Azores Eds. Kueppers, U. & C. Beier. Springer.
- Nunes, J.C., V.H. Forjaz, C.S. Oliveira (2000). Zonas de geração sísmica para o estudo da casualidade do grupo Central do Arquipélago dos Açores. PPERCAS Project, Report no. 3/2000, Azores University. Ponta Delgada.
- Nunes, J.C., C.S. Oliveira, V.H. Forjaz (2004). Catálogo Sísmico da Região dos Açores. Versão 1.0 (1850-1998). Universidade dos Açores (Ed.). Ponta Delgada. Edição CD-ROM. ISBN: 972-8612-17-6.
- Reasenber, P. (1985), Second-order moment of central California seismicity, 1969-82, J. Geophys. Res., 90, 5479– 5495.
- Silva, R., J. Havskov, C. Bean, and N. Wallenstein (2012), Seismic swarms, fault plane solutions, and stress tensors for São Miguel Island central region (Azores), Journal of Seismology, 16(3), 389–407, doi:10.1007/s10950-012-9275-x.
- Wiemer, S. (2001), A Software Package to Analyze Seismicity: ZMAP, Seismological Research Letters, 72(2), 374–383.

*\*Resumo não submetido à comissão científica para revisão*

## ***Identificação de deformações em sedimentos finos não consolidados com recurso a georadar (Vale Inferior do Tejo)***

*Identification of soft-sediment deformation structures using Ground Penetration Radar  
(Lower Tagus Valley)*

R. J. Oliveira<sup>1\*</sup>, J. Casação<sup>1</sup>, B. Caldeira<sup>1,2</sup>, J. F. Borges<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Évora, Centro de Geofísica de Évora, Rua Romão Ramalho, 59 – 7000-671 Évora

<sup>2</sup> Universidade de Évora, Departamento de Física, Rua Romão Ramalho, 59 – 7000-671 Évora

\* ruio@uevora.pt

**Resumo:** O projecto ATESTA visa avaliar o risco sísmico no Vale Inferior do Tejo. Tem vindo a assumir-se que as falhas activas na região terão sido a fonte de eventos históricos, como sejam os sismos de 1531 e 1909, que afectaram a região de Lisboa. Para melhor compreensão destes processos, realizaram-se ensaios geofísicos nas imediações de Vila Franca de Xira, perto de Lisboa. O objectivo destes ensaios é determinar a localização precisa das falhas, mediante a detecção de deformações sub-superficiais que possam estar associadas às escarpas dessas falhas. Os resultados de georadar evidenciam estruturas verticalizadas que corresponderão a falhas ou a deformações de sedimentos finos não consolidados.

**Palavras-chave:** Falhas activas, Vale Inferior do Tejo, deformação de sedimentos finos não consolidados, processamento de imagem.

**Abstract:** The aim of the ATESTA project is to assess seismic risk on the Lower Tagus Valley. Here, regional faults are assumed to be the source of historical events, such as the 1531 and 1909 earthquakes which affected the Lisbon area. For a better understanding of these processes, several geophysical surveys were carried out in Vila Franca de Xira, close to Lisbon. The purpose of these tests is to determine the precise location of faults by detecting sub-superficial deformations that may be associated with the slopes of these structures. The results of ground-penetrating radar emphasized vertical structures that can match faults or soft-sediment deformation structures.

**Key-words:** Active faults, Lower Tagus Valley, soft-sediment deformation structures, image processing.

### **ENQUADRAMENTO DA ÁREA DE ESTUDO**

A área de estudo, situada em Vila Franca de Xira, está inserida no sector central da Bacia Lusitaniana, no Vale Inferior do Tejo. Na vizinhança desta área, a nível regional, foram realizados estudos sobre a geologia estrutural tendo por objectivo a cartografia e caracterização da sismicidade da região, dada a grande preocupação com o risco sísmico da área metropolitana de Lisboa.

A Bacia Lusitaniana, formada no Mesozóico durante a abertura do Atlântico Norte, encontra-se na Orla Ocidental do Maciço Ibérico, e apresenta carácter distensivo continental. De acordo com Ribeiro *et al.* (1979), a evolução da bacia foi condicionada por episódios de fracturação tardi-variscos, nomeadamente cisalhamento direito, responsável pelo aparecimento de falhas de desligamento esquerdo com direcção NNE-SSW e NE-SW (Ribeiro, 2002). A Zona de Cisalhamento de Porto-Tomar,

com orientação N-S e outras falhas de direcção NW-SE foram igualmente importantes na definição da estrutura da Bacia Lusitaniana (Kullberg *et al.*, 2006).

O Vale inferior do Tejo é sísmicamente activo, tendo sido cartografadas falhas activas importantes, responsáveis pelos sismos históricos de 1531 e 1909, nomeadamente a Falha de Vila Franca de Xira, cujo traçado passará na área de estudo (Cabral *et al.*, 2004). Recentemente descobriram-se, em registos sísmicos (Ghose *et al.*, 2013), evidências de deformação provocada por falhas que poderão ter expressão a poucos metros da superfície. Estes factos motivaram a escolha desta região para o local deste estudo.

A litoestratigrafia da área de estudo é caracterizada pela presença de formações aluvionares, cuja espessura pode atingir os 60m, constituindo um complexo fluvio-marinho. As ocorrências litológicas consistem essencialmente em aluviões argilo-arenosos, areias e argilas. Na base da sequência aluvionar ocorrem níveis de cascalho (Zbyszewski *et al.*, 1965).

## **OBJECTIVO DO ESTUDO**

O objectivo deste trabalho é a cartografia de falhas activas aflorantes do Vale Inferior do Tejo, em Vila Franca de Xira, no âmbito do projecto ATESTA. A partir de dados provenientes de ensaios de sísmica de reflexão em diversos locais da região (desenvolvidos no âmbito do projecto ATESTA) foi possível escolher algumas localizações onde existe probabilidade forte de se encontrarem falhas à superfície ou muito próximo desta. Nesses locais realizaram-se ensaios geofísicos de georadar de forma a inferir a presença de falhas aflorantes ou a poucos metros da superfície.

## **DEFORMAÇÃO DE SEDIMENTOS FINOS NÃO CONSOLIDADOS**

Os dados de georadar revelam uma complexa sub-superfície sedimentar deformada, reveladora de um ambiente geotectónico e geodinâmico complexo. De acordo com Owen *et al.* (2011) e Suter *et al.* (2011), a deformação de sedimentos finos não consolidados ocorre num espaço de tempo curto, junto à superfície, durante e após a deposição e antes de se iniciar definitivamente o processo de diagénese. É necessário que se cumpram algumas condições para que ocorra esta deformação, nomeadamente, a existência de uma força que promova a deformação. O fenómeno que desencadeia as forças deformadoras pode ser um evento sísmico. Se os sismos são próximos e com magnitude superior a 4,5 a deformação resultante pode estar associada ao fenómeno de liquefacção, que consiste numa mudança de estado temporária. Nessas situações as estruturas que daí derivam, designam-se por sismitos que, para além das ondas sísmicas, podem também ser produzidos por cheias, percolação, sedimentação rápida e movimentos do nível freático. Tipicamente, esta deformação ocorre em ambiente lacustre, palustre, zonas deltaicas e estuarinas e planícies aluvionais e de inundação, em que a presença de água é abundante (Owen *et al.*, 2011a).

Moura-Lima *et al.* (2011) realizou ensaios de georadar no Brasil para comprovar a origem sísmica desta deformação associada a fenómenos de liquefacção e movimentos do substrato em ambiente saturado em água, de modo a excluir potenciais *triggers* autogénicos (Owen *et al.*, 2011).

## ENSAIOS GEOFÍSICOS

Na área de estudo foram realizados ensaios geofísicos de georadar de forma a inferir a existência de falhas aflorantes ou que tenham expressão próximo da superfície. Usaram-se antenas de 100, 200 e 400 MHz, com o equipamento SIR-3000 (GSSI). O modo de aquisição de dados foi na generalidade dos ensaios o modo distância. Nalguns ensaios optou-se pelo modo ponto para confirmar suspeitas sobre o efeito das irregularidades do terreno nos dados adquiridos no modo distância. A antena de 100 MHz foi utilizada no modo bi-estático com comunicação entre emissor e receptor promovida por fibra-óptica, de modo a obter resultados mais precisos.

## TRATAMENTO DE DADOS

Os dados de georadar obtidos nas campanhas geofísicas foram processados com recurso ao programa RADAN (GSSI), para remover o ganho aplicado durante a aquisição, e ao plugin MATGPR para Matlab (Mathworks) para o restante processamento (decomposição da amplitude inversa, com atenuação média, filtros FIR e saturação da coloração do radargrama final tratado).

## RESULTADOS

Da interpretação dos radargramas finais é possível identificar estruturas verticalizadas deformadas que poderão corresponder a descontinuidades que poderão ter sido produzidas em consequência dos movimentos produzidos numa falha activa durante um episódio sísmico (Figura 1).

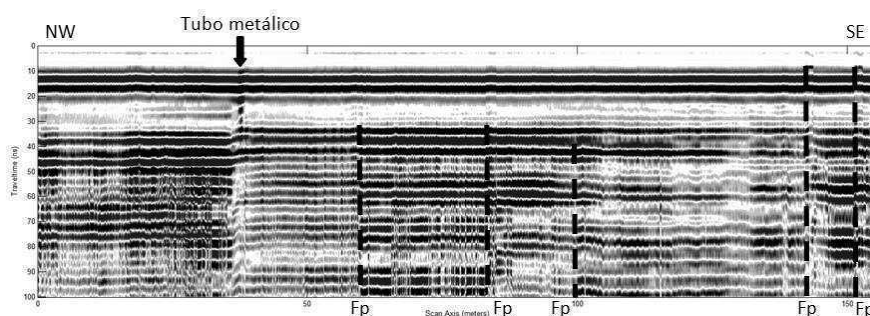


Figura 1 – Radargrama obtido com antena de 200 MHz. Observam-se estruturas verticalizadas com ressalto que deverão corresponder a falhas prováveis (Fp) ou a deformação de sedimentos finos não consolidados e fácies sem continuidade lateral.

Os níveis estratigráficos analisados possuem ressaltos que corresponderão a fracturas ou falhas, observando-se também fácies sedimentares cuja continuidade lateral está comprometida devido aos

níveis acabarem abruptamente, que poderão corresponder a assentamentos e/ou consolidação de níveis de maior componente argilosa.

## CONCLUSÃO

Após a realização deste estudo conclui-se que as estruturas identificadas nos radargramas cuja orientação é sub-vertical poderão corresponder a evidências de deformação de sedimentos finos não consolidados cujo *trigger* foi um evento sísmico.

O ambiente geodinâmico da área de estudo é estuarino, rico em água e aluviões, com movimentações periódicas do nível freático (marés e cheias). O ambiente tectónico caracteriza-se por uma sismicidade activa com eventos históricos registados, existindo evidências da ocorrência de fenómenos de liquefacção na região. De acordo com a teoria em torno das deformações de sedimentos finos não consolidados e tendo em conta os aspectos que se verificam na área de estudo, as estruturas verticalizadas que se observam nos radargramas deverão corresponder a sismitos ou mesmo a falhas activas aflorantes ou a poucos metros da superfície. Segundo a orientação da Falha de Vila Franca de Xira, esta passará no local de estudo, coincidindo com a falha provável identificada aos 80m no radargrama representado na Figura 1.

De modo a comprovar estas evidências, a próxima etapa do projecto ATESTA prevê a abertura de uma trincheira no local onde foram realizados os ensaios geofísicos, podendo-se posteriormente corroborar ou excluir os resultados até agora obtidos e interpretados.

## Agradecimentos

O projecto ATESTA foi financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia. Um agradecimento ao colaborador do Centro de Geofísica de Évora, Samuel Neves, pelo auxílio na execução dos ensaios geofísicos e ao responsável pela Unidade de Recursos Minerais e Geofísica do LNEG, João Carvalho, pela sua contribuição com os dados de sísmica de reflexão.

## Bibliografia

- CABRAL, J., RIBEIRO, P., FIGUEIREDO, P., PIMENTEL, N., MARTINS, A. (2004). *The Azambuja fault: An active structure located in an intraplate basin with significant seismicity (Lowe Tagus Valley, Portugal)*. *Journal of Seismology*, 8, pp. 347-362.
- GHOSE, R., CARVALHO, J., LOUREIRO, A. (2013). *Signature of fault zone deformation in near-surface soil visible in shear seismic reflections*. *Geophysical Research Letters*, 40, pp. 1074-1078.
- KULLBERG, J., ROCHA, R., SOARES, A., REY, J., TERRINHA, P., CALLAPES, P., MARTINS, L. (2006). *A Bacia Lusitaniana: Estratigrafia, Paleontologia e Tectónica*. In *Geologia de Portugal no contexto da Ibéria*. Dias, R., Araújo, A., Terrinha, P., Kulberg, J. (Eds.), Universidade de Évora, Évora, pp. 317-368.
- MOURA-LIMA, E., BEZERRA, F., LIMA-FILHO, F., CASTRO, D., SOUSA, M., FONSECA, V., AQUINO, M. (2011). *3-D geometry and luminescence chronology of Quaternary soft-sediment deformation structures in gravels, northeastern Brazil*. *Sedimentary Geology*, 235, pp. 160-171.
- OWEN, G., MORETTI, M., ALFARO, P. (2011). *Recognizing triggers for soft-sediment deformation: Current understanding and future directions*. *Sedimentary Geology*, 235, pp. 133-140.
- SUTER, F., MARTÍNEZ, J., VÉLEZ, M. (2011). *Holocene soft-sediment deformation of the Santa Fe-Sopetrán Basin, northern Colombian Andes: Evidence for pre-Hispanic seismic activity?*. *Sedimentary Geology*, 235, pp. 188-199.
- ZBYSZEWSKY, G., ASSUNÇÃO, C. (1965). *Carta Geológica de Portugal, na escala 1/50000: Notícia Explicativa da Folha 30-D. Alenquer*. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.



## ***Base de Informação Geográfica do Centro de Geofísica de Évora***

*Geographic Information Database of Centre for Geophysics of Évora*

Ó.L. López<sup>1\*</sup>, B. Le Goff<sup>1</sup>, J.F. Borges<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Évora, Centro de Geofísica de Évora, Rua Romão Ramalho, 59, 700-671 Évora, Portugal

<sup>2</sup> Universidade de Évora, Departamento de Física, Rua Romão Ramalho, 59, 700-671 Évora, Portugal

\* olopez.iccp@gmail.com

**Resumo:** A Base de Informação Geográfica do Centro de Geofísica de Évora é uma base espacial de informação geográfica onde se compilaram dados do Centro de Geofísica de Évora, em particular, informação sísmica adquirida no âmbito dos projetos LISMOT e NEFITAG. Para este fim, utilizaram-se recursos open source como o OSGeo, Quantum GIS, GRASS GIS e OpenGeo. Para o tratamento da informação espacial utilizaram-se os três primeiros programas. Finalmente, utilizou-se o Opendeo para a integração e publicação de dados geoespaciais na internet. Desta maneira, apresenta-se uma primeira aproximação aos recursos disponíveis de Sistemas de Informação Geográfica, Bases de Dados, Servidores de Mapas e ferramentas auxiliares para o processamento da informação. Para persecução deste objetivo utilizaram-se técnicas de criação de ficheiros ESRI Shapefiles independentes e armazenamento de dados em gestores de base de dados tipo Postgres/Postgis. Foram-lhes atribuídos estilos visuais, convertendo-os em informação, exportando-os e integrando-os em outros recursos gratuitos, para finalmente publica-los gratuitamente na internet através de FTP ou SFTP e dum Geoservidor.

**Palavras-chave:** Base de dados, Informação geográfica, SIG, Geoservidor.

**Abstract:** The Geographic Information Database of Centre for Geophysics of Évora is a spatial database of geographic information where was compiled the information property of Centre for Geophysics of Évora, in particular, seismic data acquired in LISMOT and NEFITAG projects. For this purpose, we used open source resources such as OSGeo, Quantum GIS, GRASS GIS and OpenGeo. To treat the spatial information we used the first three programs. Finally, we used Opendeo to integrate and publish the geospatial data on internet. In this way, we have a first approximation to available resources of Geographic Information Systems, Databases, Map Servers and auxiliary tools to process information. To achieve this objective has been used techniques of creation of independent ESRI Shapefiles and data storage in administrators of Postgres/PostGIS databases. Then, we have to apply visual styles, converting them into information, export and integrate this information in other open source resources, to publish them for free on internet through FTP or SFTP and a Geoserver.

**Key-words:** Database, Geographic information, GIS, Geoserver.

### **INTRODUÇÃO**

Através da Base de Informação Geográfica BIG CGÉ, o Centro de Geofísica de Évora procura estabelecer um padrão de qualidade na recolha, manipulação em ambientes SIG, tratamento, armazenamento, apresentação e divulgação do seu trabalho computacional de investigação, compilando a informação dos trabalhos de campo, a manipulação dos mesmos, o tratamento com

ficheiros geográficos próprios, ou de outras instituições, o armazenamento dos resultados finais e a sua partilha através da rede da universidade.

No que se refere ao armazenamento e à partilha, a criação duma área partilhada dentro do network-attached storage do CGE permite um aceso permanente à informação a todos os utilizadores acreditados com uma garantia de fiabilidade da mesma.

No que se refere à publicação e divulgação dos dados, a criação dum geoservidor proporciona consistência à apresentação e ao armazenamento, portanto, transparência e credibilidade, elementos imprescindíveis para a eficaz divulgação da informação de qualquer instituição.

## **DESCRIÇÃO DA BASE DE DADOS**

Observando toda a informação sismológica e geológica dos projetos referidos, constatou-se que existiam muitos ficheiros (independentes entre si, ou relacionados) e que era necessário armazenar toda essa informação no menor número de ficheiros possível. Por outro lado, é necessário garantir que esses ficheiros possam ser acedidos pelos investigadores, e que a informação possa ser partilhada ou divulgada.

Em geral, esta informação está associada a um determinado ponto geográfico, ou a vários pontos associados a perfis onde se fizeram ensaios sísmicos de refração e reflexão, a dados de ruído sísmico e a intensidades de sismos (observadas e modeladas). Foram também associados modelos digitais de terreno e de declive, dados de sondagens, cartas geológicas e geográficas a diferentes escalas, etc. Outros recursos foram introduzidos que, utilizados de maneira eficiente em ambientes SIG, podem fornecer informação adicional.

Hoje em dia, muitas instituições disponibilizam dados geográficos para SIG com livre acesso, como sejam modelos digitais do terreno a diferentes resoluções, registos sísmicos ou censos; ou têm geoservidores na internet. Toda esta informação pode ser conjugada com a base de dados que se está a criar, aumentando de esta forma o seu potencial.

Para armazenar a informação decidiu-se utilizar o tipo de ficheiro ESRI Shapefile, por se tratar de o formato mais popular de arquivo contendo dados geoespaciais em forma de vector, compatível com diversos Sistemas de Informação Geográfica. Este formato descreve geometrias: pontos, linhas e polígonos. Entre outras coisas, e dentro dos interesses do CGE, essas geometrias podem representar pontos de ensaios, perfis, falhas e formações geológicas. Cada item pode ter atributos que o define, por exemplo: nome, profundidade, intensidade dum sismo, declive do terreno, velocidade de propagação de ondas sísmicas, geologia, imagens e tabelas de dados associadas (perfis geológicos, gráficos amplitude-frequência de ruído sísmico, gráficos das dromocrónicas e perfis de velocidades

de propagação das ondas sísmicas P e S em ensaios de refração, tabelas de interpretação de resultados), hiperligações com sites na internet, etc.

Para o tratamento dos ficheiros e a criação dos ESRI shapefiles utilizou-se o Quantum GIS, que é atualmente o software livre mais amplamente divulgado devido ao seu extenso portfólio de plug-in e às ferramentas prioritárias e de fácil uso.

Todos estes ficheiros foram armazenados numa área partilhada a partir da qual podem ser descarregados através dum protocolo SFTP ou FTP ( sftp ou [ftp://nas.cge.uevora.pt/big\\_cge/](ftp://nas.cge.uevora.pt/big_cge/)). Para aceder a esta área é necessário possuir as credencias de acesso que são fornecidas pelo administrador.

Adicionalmente, com os shapefiles e rasters criados é possível armazenar os dados num gestor de base de dados PostGis - PostGis é um módulo do OpenGeo e é uma ferramenta de dados geográficos, que os gere como uma base de dados, armazenando-os, tratando-os e permitindo a realização de consultas.

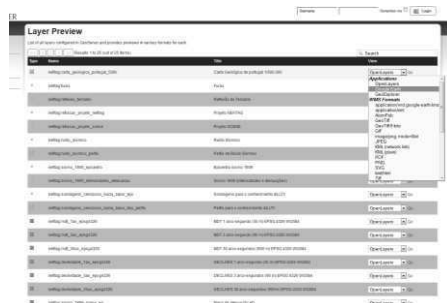
O OpenGeo Suite é um conjunto completo de soluções geoespaciais que nos oferece o caminho mais simples e rápido para publicar informações na web. A combinação do QGIS com o OpenGeo Suite, permite-nos criar, visualizar, analisar, publicar e consumir dados e serviços geoespaciais, sem a necessidade de qualquer outro software proprietário. O funcionamento da Base de Informação Geográfica e do Geoservidor da BIG CGÉ é o seguinte:



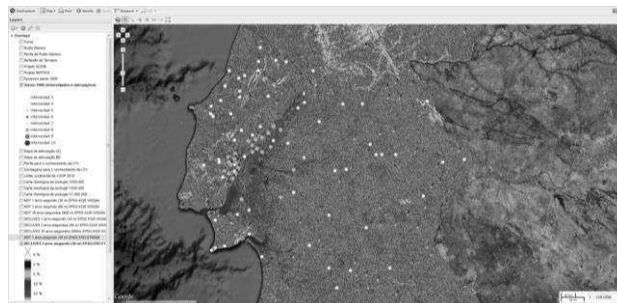
**Figura 1.** Funcionamento da Base de Informação Geográfica do CGÉ e do Geoservidor

Para a criação do Geoservidor utilizou-se o GeoServer do OpenGeo - software livre que permite exhibir as informações espaciais. Graças à implementação do padrão Web Map Service (WMS), podem-se criar mapas numa variedade de formatos de saída (o GeoServidor da Base de Informação Geográfica do CGE pode exhibir dados em qualquer das aplicações de mapeamento mais populares, como *Google Maps*, *Google Earth*, *Yahoo Maps* e *Microsoft Virtual Earth*, e nas suas versões móveis para smartphones e tablets).

Alem disso, o GeoServidor (acessível só desde a rede interna da universidade) ao estar de acordo com o padrão Web Feature Service (WFS), permite a partilha em tempo real e edição de dados que são usados para gerar os mapas. Também é possível incorporar os dados em sites e aplicativos, liberando-os e permitindo uma maior transparência.



**Figura 2.** Geoservidor da Base de Informação Geográfica do CGE



**Figura 3.** Exemplo de visualização dos dados no aplicativo GeoExplorer

## CONCLUSÃO

Observando toda a informação associada aos projetos relacionados com este trabalho e as necessidades dos investigadores, decidiu-se que a melhor forma de armazenar e utilizar esta informação era a construção de uma base de dados contendo ficheiros ESRI shapefiles, e outros ficheiros com informação geográfica, e a sua colocação numa área partilhada com restrição de acesso. Como também era necessária a divulgação de parte dessa informação criou-se um Geoservidor com o qual se pode partilhar em sites a informação desejada.

Todo isto foi criado com recursos open source, opção que hoje em dia é uma excelente alternativa para resolver muitas necessidades, pois integra soluções estáveis e garante uma eficaz e sustentável evolução futura da mesma.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) o financiamento concedido através do projeto “NEFITAG – Movimentos Sísmicos intensos e efeitos locais na Região do vale Inferior do Tejo - “PTDC/CTE-GIX/102245/2008” - e o projeto “SISMOD/LISMOT” - PTDC/CTE-GIN/82704/2006.

## Referências

QUANTUM GIS: <http://www.qgis.org/>. -Tutorial iniciação: <http://maps.cga.harvard.edu/qgis/>.  
OPENGEO SUITE: <http://opengео.org/>. -Tutoriais: <http://workshops.opengео.org/postgis-intro/> e <http://workshops.opengео.org/suiteintro/>.  
OPENLAYERS: <http://openlayers.org/>

## ***Geoespeleologia da Gruta dos Rodrigues (São Paulo, Brasil)***

*Geospeleology of the Rodrigues Cave, Iporanga (São Paulo State, Brazil)*

B. Consentino<sup>1\*</sup>, W. Sallun Filho<sup>2</sup>, B.D. Lenhare<sup>3</sup>

1 Aluno de graduação, Curso de Geologia, Instituto de Geociências, USP, Bolsista FAPESP

2 Instituto Geológico, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, Bolsista Produtividade em Pesquisa - CNPq

3 Pós graduação, Instituto de Geociências, USP, Bolsista FAPESP

\* brunocirilo498@yahoo.com.br

**Resumo:** A Gruta dos Rodrigues (SP-440) é uma caverna em rochas carbonáticas proterozóicas localizada dentro do Parque Estadual Intervales, no município de Iporanga (SP, Brasil). A gruta possui um desenvolvimento de 386 metros e um desnível de 44 metros segundo mapeamento. A maciço carbonático possui um grande número de dobras e falhas que aparecem dentro da caverna, esta possui uma grande variedade de espeleotemas, além de um grande depósito sedimentar com conchas e níveis de erosão no teto. A caverna foi relocada com GPS, notando-se que se situa quase acima da Gruta dos Paiva (SP-42), a quinta maior caverna do Estado de São Paulo que, se conectadas, chegariam a mais de 4 km. Este trabalho engloba o estudo da caverna, descrição da geologia e morfologia, com caracterização das formas de espeleotemas observadas e realização do mapeamento espeleológico e geológico detalhados da caverna, análise estrutural e descrição dos espeleotemas. Este estudo irá possibilitar interpretações sobre a gênese da caverna e das estruturas observadas.

**Palavras-chave:** Caverna, Carste, Espeleologia, Parque Intervales

**Abstract:** The Rodrigues Cave (SP-440) is a cavern in carbonate Proterozoic rocks located in the Intervales State Park (Iporanga municipality, São Paulo State, Brazil). The cavern has a development of 386 meters and 44 meters depth according to the mapping. It was observed a large number of folds and faults and a large variety of speleothems, apart from a huge sedimentary deposit with shells and erosion levels in the roof. The cave was also located on GPS, showing that it is almost above Paiva Cave (SP-42), the fifth longest cave of São Paulo state, if connected, the two caves would reach more than 4 kilometers of development. This project covers the study of the cave and the geology and morphology description, with characterization of speleothems observed. For this purpose, the geological and speleological detailed maps are being produced, and also the structural analysis and description of speleothems. This study will make possible interpretations about the cave genesis and observed structures.

**Key-words:** Karst, Speleology, Cave, Intervales Park

### **INTRODUÇÃO**

A Gruta dos Rodrigues (SP-440) é uma caverna em rochas carbonáticas proterozóicas do Subgrupo Lajeado, localizada no município de Iporanga, nos arredores do Parque Estadual Intervales (PEI). Esta região caracteriza-se pelas altitudes mais elevadas e por situar-se em um grande divisor de águas, entre as bacias dos rios Paranapanema (Planalto de Guapiara) a norte e Ribeira a sul. Segundo Sallun Filho et al. (2010) a maior taxa de carstificação ocorre no compartimento de morros e escarpas da serra do Mar e Parapiacaba, na Bacia do Rio Ribeira, em relação ao Planalto de Guapiara,

justamente onde encontra-se a Gruta dos Rodrigues e a maior concentração de cavernas da região. O carste no Vale do Ribeira caracteriza-se pela superfície carbonática rebaixada em relação às rochas não carbonáticas, condicionando sistemas cársticos de recarga mista, com predomínio de injeção alóctone, com carste poligonal e trechos fluviocársticos (Karmann & Sánchez, 1986).

A caverna possui mapeamento do Grupo Pierre Martin de Espeleologia – GPME, de 1999, tendo 386 metros de desenvolvimento e 44 metros de desnível, segundo informações dos autores este mapa não possui detalhe e precisão suficiente e a caverna está sendo remapeada pelo próprio grupo. Acreditamos que a caverna tenha sido descoberta em 1999 e não existem estudos da geologia e da gênese em específico desta.

Este trabalho está em andamento, e engloba o estudo da caverna, descrição da geologia e morfologia, com caracterizações das formas de espeleotemas observadas e realização do mapeamento espeleológico e geológico detalhados da caverna, análise estrutural e descrição dos espeleotemas. Este estudo irá possibilitar interpretações sobre a gênese da caverna e das estruturas observadas.

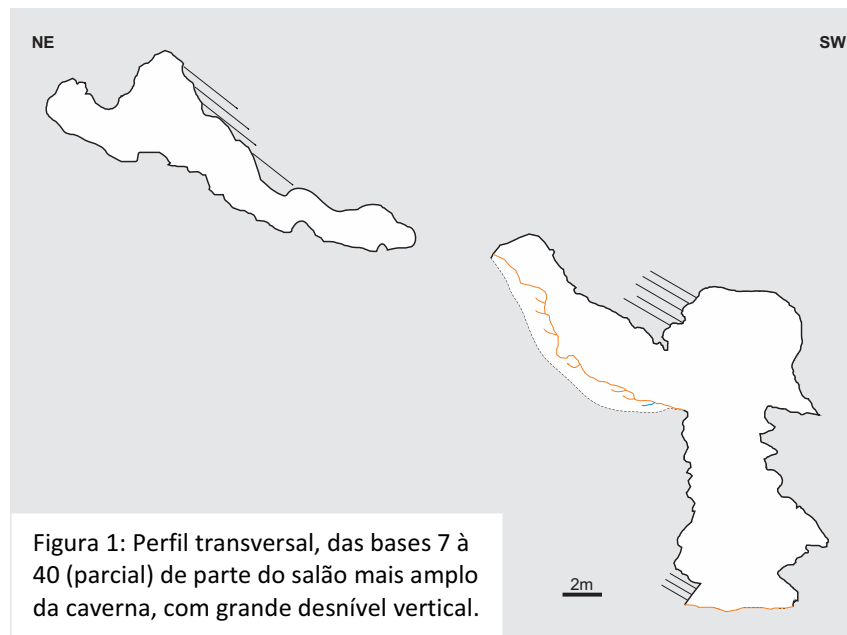
## **DESENVOLVIMENTO**

A Gruta dos Rodrigues possui uma grande variedade de espeleotemas e várias entradas, duas delas foram visitadas. Em uma delas observa-se um grande depósito sedimentar com conchas, níveis de erosão no teto e diversas falhas. A caverna também foi relocalizada com maior precisão de GPS. Com isso percebeu-se que ela situa-se quase acima da Gruta dos Paiva (SP-42), a quinta maior caverna do Estado com 3808 metros de desenvolvimento e 51 metros de desnível. Se conectadas, o sistema chegaria a mais de 4 km.

O calcário da Gruta dos Rodrigues é em geral de coloração cinza clara e com estruturas de acamamento bem visíveis, quando não estão apagadas por dobras e falhas, porém em algumas partes da caverna um calcário muito negro pode ser encontrado, indicando maior quantidade de matéria orgânica depositada junto com o calcário naquela área.

O conduto principal que se inicia na entrada 1 segue a direção de acamamento média medida ao longo da caverna (azimute 185), mostrando a infiltração da água preferencialmente entre as camadas abrindo maior caminho na mesma direção delas, originando um conduto grande e uniforme na sua direção.

Outros condutos menores próximos a entrada 2 e 3 da caverna tem uma orientação parecida com a direção medida nas falhas ao longo da caverna (SE), indicando uma segunda direção preferencial de infiltração da água, dissolvendo porém menos calcário e formando condutos menores e ramificados.



A Figura 1 é um exemplo dos perfis confeccionados da caverna. Com os perfis pudemos fazer observações sobre a morfologia, condicionantes estruturais e posteriormente inferir sobre a evolução da caverna. No perfil da Figura 1, nota-se o conduto chegando até quase 20 metros de entalhamento, o que não pode ser visto apenas na planta. Os condutos superiores, em geral, tem a forma arredondada, com a base larga e piso de sedimento e solo ou alguns blocos abatidos e a constante diminuição do tamanho lateral até chegar ao teto abobadado, que parece ser uma fase de desenvolvimento em ambiente freático. Já os condutos inferiores, como na Figura 1, tem forma de canyon, formado por entalhamento vadoso.

Uma grande variedade de espeleotemas bem formados foi encontrada na gruta dos Rodrigues, dentre os quais, travertinos, estalagmites e estalactites, “pinheirinhos”, helictites, cortinas, escorrimento, coralóides, pérolas, colunas, vulcões e flores de gipsita. Esses espeleotemas são compostos em sua maior parte de calcita, contendo também aragonita e gipsita algumas vezes.

Na Figura 2 podem ser observados os “pinheirinhos”, espeleotemas calcíticos formados debaixo d’água num represamento de travertino antigo (atualmente seco), originados pela deposição de jangadas de calcita, que se precipitam na superfície da poça e que com o gotejamento quebrando a tensão superficial, faz com que o espeleotema resultante ganhe forma alongada sempre buscando a superfície, onde a taxa de precipitação é maior, ganhando forma de pequenos pinheiros.

Também foram encontrados muitos ossos na caverna, alguns incrustados de calcita, podendo ser considerados fósseis. Próximo a entrada 1 foram encontradas mandíbulas e o que acredita-se ser a bacia de algum animal do porte de uma anta, além de diversos outros ossos.



Figura 2: Salão com “pinheirinhos”, espeleotemas incomuns, formados em ambiente subaquático (travertinos).

## CONCLUSÃO

A Gruta dos Rodrigues possui uma grande variedade e quantidade de espeleotemas, alguns frágeis e inexistentes nas cavernas da região, mostrando-se necessária sua conservação e estudo. Além disso, a caverna é importante pois está muito próxima da Gruta dos Paiva e possui características semelhantes a esta (tais como formações de espeleotemas e mesma direção dos condutos), sendo possível que haja uma ligação e formem um mesmo sistema, sistema esse que teria mais de 4km de desenvolvimento. Estas cavernas encontram-se fora do PEI (Parque Estadual Intervales), e assim este estudo pode contribuir para ações em andamento de criação de novas Ucs (Unidades de Conservação) que englobem este setor. O trabalho encontra-se em andamento e espera-se obter ao final do projeto, a caracterização geológica completa desta gruta, dados sobre a evolução desta caverna e maiores detalhes sobre os espeleotemas encontrados.

## Agradecimentos

À FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) pelo apoio na forma de Auxílio à Pesquisa (proc. 12/05632-2) e bolsa de iniciação científica (proc.2013/07541-7). Aos colegas do GMPE pelo empenho no mapeamento da Gruta dos Rodrigues (em andamento). Ao Parque Estadual Intervales e seus funcionários pelo apoio a esse estudo. Ao Instituto de Geociências da USP pelo financiamento para participação neste evento.

## Bibliografia

- KARMANN, I.; L.E. SÁNCHEZ – 1986 - Speleological Provinces in Brazil. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ESPELEOLOGIA, 9., Barcelona, España: Comunicaciones, 1:151-3.
- KARMANN, I.; SALLUN FILHO, W.; HIRUMA, S.T.; SALLUN, A.E.M.; FERRARI, J.A.; - 2010 - O carste no plano de manejo do Parque Estadual Intervales e zona de amortecimento, Estado de São Paulo, Brasil. R. Esc. Minas, Ouro Preto, 63(3): 441-448.



## ***Arduino platform Characterization\****

### *Linearization and characterization of a low-cost platform*

J. Serrano<sup>1\*</sup>, V. Salgueiro<sup>1</sup>, M. Tlemçani<sup>2</sup>, J. F. Borges<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Évora University, undergraduate engineering mechatronics, Évora University

<sup>2</sup> Évora University, Department of Physics, Évora University

\* xbeeapplication@gmail.com

**Resumo:** São de grande importância os sistemas de aquisição em instrumentação ambiental, nomeadamente na sismologia e na física atmosférica. Isto porque, dado o elevado volume de dados, os sistemas de aquisição digital associados ao armazenamento tem que conseguir responder de forma positiva. Dessa forma tem havido muitos sistemas, contudo são sistemas “chave na mão”, que pecam pelo elevado preço e uma limitada capacidade de evolução, pois ficamos limitados ao fornecedor inicial. Nos últimos tempos, graças à evolução da electrónica, especialmente na área dos conversores analógicos/digitais têm surgido plataformas de aquisição e processamento do sinal associados a unidades de armazenamento, sendo tudo isto material de baixo custo. Perspectiva-se, assim, uma revolução na área da instrumentação científica, posto que estes dispositivos podem vir a ser competitivos em termos de desempenho e qualidades técnicas face aos sistemas já existentes.

**Palavras-chave:** Conversor Analógico/Digital; Sistema de aquisição; Instrumentação; baixo custo

**Abstract:** Acquisition systems have a great importance in environmental instrumentation, namely in seismology and atmospheric Physics. This because, given the high volume of data, the digital acquisition systems associated to storage have to answer in a positive way. Therefore there are many systems, however they are a closed system by the provider, with high prices and a limited capacity of changes and upgrades. In the last times, thankfully to the electronics evolution, specially in the field of analogic/digital convertor have appear many platforms of data acquisition and signal processing associated to storage units, everything at low cost. In future it will be a revolution in the field of scientific instrumentation, since these devices can be competitive in terms of quality and performance.

**Key-words:** Analogic/Digital convertor; Acquisition system; Instrumentation; Low cost

### **INTRODUCTION**

In the field of environmental parameters there are many sensors that can be used, for instance to measure solar radiation, atmospheric electric field and seismic signals. The volume of data of these digital acquisition systems it's crucial. [1] Instead of buying a system made by a company that can't be upgraded it's more useful to use a low cost platform with high performance. The Arduino platform gives the user the possibility to implement a data acquisition system that is changeable and upgradable. With its specifications is a hale data acquisition system in terms of sample frequency. A low cost platform with decent resolution. [2]

## DEVELOPMENT

In the absence of quality standards in the market enabling a comparison result and an optimum solution from the point of view of user devices using this low cost in high quality scientific instrumentation is still questionable.

In an attempt to solve this problem we choose an open source low cost platform. This platform characteristics were tested to its limits, it behaves well. The static characteristic for the Arduino platform sample frequency and resolution present us with a linear regression, this gives the user a safety resolution to work. This characteristic was tested in values between zero and five volts, since this is the Arduino platform operating voltage. Once again its stability and performance it is noticeable. [2]

With a signal simulation we were able to test the hardware at different frequency levels, this will be very important in the field of seismology, as the seismology sensors works in high frequency.

## CONCLUSION

In this paper, starting with signal processing algorithms methods, we want to show that's possible to run tests so it is easy to compare different platforms performance that can help the user to make a choice. [3] This issue is important since each user needs a different platform to each application with a specific characteristic. The need of a user can be high sampling frequency or high resolution or high linearity. All of these things can be changeable and upgradeable by the user with Arduino platform.

**Acknowledgments** The authors thank Évora University and professor Hugo Silva

## References

- [1] Emily Gertz & Patrick Di Justo, Environmental Monitoring with Arduino.
- [2] Arduino, Arduino UNO datasheet, 1-8.
- [3] Craig S. Lent, Learning to Program with MATLAB – Building GUI tools.

## ***Petrografia e Mineralogia de amostras de Meteoritos do grupo dos Ureilitos***

*Petrography and Mineralogy of Meteorites samples from the group of Ureilites*

P. Coimbra<sup>1\*</sup>, L. Martins<sup>2</sup>, J. Mata<sup>2</sup>, V. Assis Fernandes<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Departamento de Geologia

<sup>2</sup> Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Departamento de Geologia, Campo Grande C6 1749-016 Lisboa Portugal

<sup>3</sup> Leibniz-Institut für Evolutions- und Biodiversitätsforschung, Museum für Naturkunde, Invalidenstraße 43 10115 Berlin Deutschland

\* [dk2revolution@gmail.com](mailto:dk2revolution@gmail.com)

**Resumo:** O objectivo do trabalho é descrever textural e mineralogicamente sete amostras (Kenna, DaG 084, NWA 5928, Dho 132, DaG 340, Hah 126 e DaG 319) correspondentes a fragmentos de meteoritos integráveis no grupo dos Ureilitos e pertencentes à colecção do Physikalishes Institute da Universidade de Berna. Dois dos Ureilitos estudados (Kenna e DaG 319) foram seleccionados para caracterização mineralógica, recorrendo à Microsonda Electrónica. Este estudo permitiu não só identificar a mineralogia primária destes Ureilitos mas também caracterizar as alterações sofridas quer no corpo originário quer pelo efeito da sua permanência no ambiente terrestre. Estes ureilitos apresentam características semelhantes a rochas do manto terrestre e as suas alterações ocorridas no corpo original oferecem dados sobre génese desse corpo parental.

**Palavras-chave:** Ureilitos, Meteoritos, Petrografia, Mineralogia

**Abstract:** The aim of the study is to describe textural and mineralogical seven samples (Kenna, DaG 084, NWA 5928, Dho 132, DaG 340, Hah 126 and DaG 319) corresponding to fragments of meteorites from Ureilitic group and belonging to the Physikalishes Institute of the University Bern collection. Kenna and DaG 319 were selected for mineralogical characterization using the Electron Microprobe. This study allowed us not only to identify the primary mineralogy of these ureilites but also characterize the changes suffered either in the parent body or by its during its stay in the terrestrial environment. These ureilites have characteristics similar to terrestrial mantle rocks and their changes in the parent body may provide information of their genesis.

**Key-words:** Ureilites, Meteorites, Petrography, Mineralogy

### **INTRODUÇÃO**

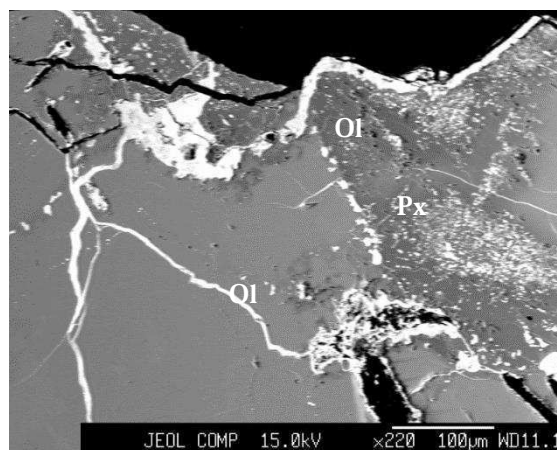
*“Um Meteorito é um corpo sólido que chegou à Terra vindo do espaço. O seu tamanho pode variar desde de microscópico até a uma massa de muitas toneladas” (Mason, 1962); “Estes objectos são naturais e compostos por rocha, metal ou uma mistura de rocha e metal que sobreviveu à sua queda do espaço e que aterrou na Terra” (Smith et al., 2009).* O principal critério na classificação sistemática dos meteoritos refere-se ao grau diferenciação apresentado pelos mesmos. Nesta perspectiva existem dois grandes grupos: meteoritos diferenciados e não diferenciados. Dentro dos não diferenciados temos os condritos (possuem cóndrulos, representativos dos primeiros sólidos incluídos numa matriz indiferenciada), e os diferenciados denominados de acondritos (primitivos e acondritos evoluídos). Os acondritos primitivos exibem texturas acondriticas mas a assinatura química é semelhante à original/primitiva (condritica). É nesta classe dos acondritos primitivos que se encontra o grupo dos Ureilitos (URE) a que pertencem as amostras que, são objecto

de estudo deste trabalho e de que se conhecem actualmente 334 exemplares. De uma forma geral, os ureilitos são constituídos essencialmente por grãos de olivina e piroxena (principalmente pigeonite, mas também augite ou orto-piroxena). Estas duas fases minerais associam-se a aglomerados de carbono sobre a forma de grafite ou nano-diamante, troilite e fases menores que incluem reacções nos bordos da olivina e piroxena que dão origem a fases metálicas (hidróxidos de Ferro). Os ureilitos aqui em estudo podem ser subdivididos em: a) Olivina-Pigeonite (Kenna, Hah 126); b) Olivina-Ortopiroxena (Dho132) e c) brechas polimícticas (DaG084, NWA5928, DaG340, DaG319). O tipo c pode apresentar feldspatos (observável na amostra NWA 5928) e clastos de minerais isolados (como clastos de olivina) (ex.: Grossman, 1998). Este grupo de meteoritos devido à sua semelhança com rochas ultramáficas terrestres, é considerado ser um produto diferenciado de origem magmática.

### PETROGRAFIA E QUÍMICA MINERAL

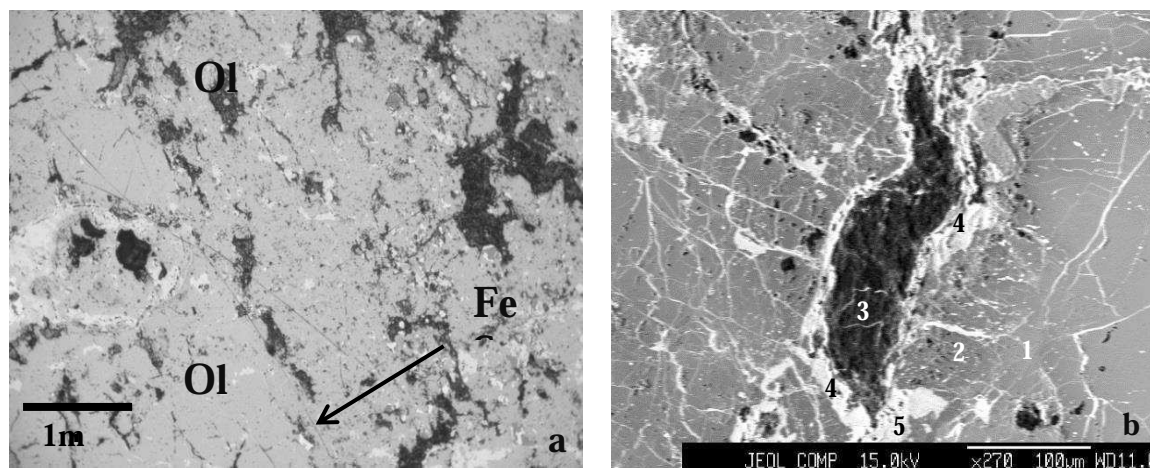
Na análise petrográfica em luz transmitida e em luz reflectida verificou-se que as amostras são constituídas essencialmente por olivina  $\pm$  piroxena (ex.: DaG 319, Fig.2). Mas, devido à espessura das lâminas onde estão montadas as amostras (cerca de 1mm) recorreu-se à análise petrográfica em luz reflectida. Para análise de composição química foi usada a microsonda electrónica (EMP) do Laboratório de Microsonda Electrónica da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa em apenas duas amostras: Kenna, devido à sua composição ser o padrão para os ureilitos e DaG 319, visto ser a amostra que apresentou em análise petrográfica uma maior diversidade mineralógica. As imagens (Figs. 1 e 2b) de electrões retrodifundidos foram utilizadas para definir os pontos de análise química dos minerais constituintes das amostras escolhidas.

**Amostra Kenna:** O ureilito Kenna pertence ao grupo principal dos ureilitos e é considerado como a composição padrão. Os seus constituintes minerais encontram-se zonados (Fig.1) com a piroxena a apresentar a seguinte variabilidade:  $Wo_{7-10} En_{74-83} Fs_{10-17}$ . A olivina apresenta uma variação de  $Fo_{79}$  a  $Fo_{82}$ , verificando-se um enriquecimento em Fo nas zonas exteriores onde se desenvolve o hidróxido de Fe.



**Figura 1** – Kenna. Imagem de electrões retrodifundidos.

**Amostra DaG 319:** A amostra DaG 319 (brecha polimítica) é de entre todas a que apresenta maior expressão de minerais metálicos. Nesta amostra observam-se (Fig.2a) vários grãos anédricos de troilite e no seu interior mineralizações disseminadas. Os dados de EMP (Fig. 2b) obtidos revelam que a mineralogia deste ureilite é constituída por: olivina forsterítica ( $\text{Fo}_{0.8}$ ) (1), piroxena augítica  $\text{Wo}_{30}\text{En}_{50}\text{Fs}_{20}$  (2), grafite, aglomerados de carbono (3), hidróxidos de Fe (4) e Troilite (5).



**Figura 2- a)** DaG 319. Ol – Olivina. Os minerais mais brilhantes correspondem a Troilite ( $\text{FeS}$ ). **b)** Imagem de electrões retrofundidos da amostra DaG 319. 1-olivina forsterítica; 2- augite; 3- aglomerados de carbono; 4 - hidróxidos de ferro; 5- troilite.

## DISCUSSÃO/CONCLUSÃO

Tendo em conta os dados obtidos é possível verificar que quer as amostras monomíticas (Kenna, Hah 126, Dho132), quer as amostras polimíticas (DaG 084, NWA 5928, DaG 340, DaG 319) apresentam semelhanças a nível da mineralogia primária quer da mineralogia secundária (hidróxidos de ferro presentes em fracturas). O facto de, como acima referido, a composição das olivinas se alterar junto às fraturas onde ocorrem os hidróxidos de ferro, tornando-se mais magnésiana, sugere que os hidróxidos se terão formado por difusão do Fe a partir do ino-silicato. Tendo em atenção que os processos de difusão do Fe na olivina processam-se a temperaturas superiores a  $1100^{\circ}\text{C}$ , tal aponta para que a formação destes hidróxidos de ferro e de troilite ter ocorrido ainda no seio do corpo parental (Singletary e Grove 2003; Goodrich 1992).

Para os ureilitos têm sido propostos vários modelos genéticos: **A) Modelos Ígneos** – o corpo de onde proveêm os ureilitos sofreu processos de diferenciação ( $\pm$  prolongados) – ex.: Goodrich 1987; Warren 1989 e 1992 ; **B) Modelos Primitivos** – Defendem que o corpo parental dos ureilitos sofreu pouca diferenciação e que a suas assinaturas isotópicas de oxigénio, gases nobres e carbono permanecem relativamente inalteradas (ex.: Takeda, 1987). A análise petrográfica e de composição química dos minerais constituintes das amostras estudadas são mais favoráveis aos modelos ígneos, visto que estes apresentam explicação para a formação de minerais secundários.

Por último, após a análise dos ureilitos, e tendo em conta a sua composição (mineralógica), podemos observar alguma semelhança com as rochas que constituem o interior da Terra. Considerando que os ureilitos correspondem/representam rochas ultramáficas do corpo parental podemos por analogia projecta-las na sistemática IUGS para rochas ultramáficas terrestres. Verificamos que estas amostras se projectam no campo dos lherzolitos (>40% olivina), tal como as amostras do manto terrestre.

#### **Agradecimentos:**

Ao Doutor Pedro Reis pelo acompanhamento das análises por Microsonda Electrónica.

#### **Bibliografia:**

- Goodrich C.A. (1992). Ureilites: a critical review. *Meteorit. Planet. Sci.* 27, 327–352.
- Goodrich C.A., Scott E.R.D. and Fioretti A.M. (2004) Ureilitic Breccias: Clues to the petrologic structure and impact disruption of the ureilite parent asteroid. *Chemie de Erde* **64**, 283-327.
- Grossman J. N. (1998) The Meteoritical Bulletin 82. *Meteor. & Planet. Sci.* 33, Supplement.
- Mason B. (1962) *Meteorites*. Wiley, New York. Xii
- Singletary S. J. and Grove T. L. (2003) Early petrologic processes on the ureilite parent body. *Meteor. & Planet. Sci.* 38, 95-10.
- Smith C., Russel S. and Benedix G. (2009) *Meteorites*. Publicado por Natural History Museum, London
- Takeda H. (1987) Mineralogy of Antarctic ureilites and a working hypothesis for their origin and evolution. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 81, 358–370.
- Warren P.H. and Kallemeyn G.W. (1989). Geochemistry of polymict ureilite EET83309, and a partially disruptive impact model for ureilite origin. *Meteoritics* 24, 233–246
- Warren, P.H. and Kallemeyn G.W. (1991) Geochemistry of unique achondrite MAC88177: comparison with polymict ureilite EET87720 and “normal” ureilites. *Lunar Planet. Sci.* 22<sup>nd</sup>, 1467–1468.

## ***Novos dados geocronológicos para os granitóides sin-D<sub>3</sub> do Maciço de Junqueira***

*New geochronological data for the syn-tectonic granitoids from the Junqueira Massif*

T. Vieira<sup>1</sup>, S. Vieira<sup>1</sup>, M.R. Azevedo<sup>1,2</sup>, B. Valle Aguado<sup>1,2</sup>, S. Ribeiro<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Universidade de Aveiro, Departamento de Geociências.

<sup>2</sup> Unidade de Investigação GeoBioTec (PEst-C/CTE/UI4035/2011), 3810-193 Aveiro, Portugal

**Resumo:** O complexo plutónico sin-tectónico de Junqueira está localizado na Zona Centro Ibérica (ZCI), no centro norte de Portugal. É composto por granitóides de duas micas, texturalmente heterogéneos, instalados em metassedimentos do CXG durante a última fase de deformação varisca. As duas idades Rb-Sr apresentadas neste trabalho ( $300 \pm 13$  Ma,  $302 \pm 22$  Ma) são ligeiramente mais jovens do que as idades U-Pb obtidas em monazites do maciço de Junqueira ( $307,8 \pm 0,7$  Ma;  $312,4 \pm 2,7$  Ma), sendo, por isso, interpretadas como idades de arrefecimento.

**Palavras-chave:** Granitóides de duas micas sin-tectónicos, idades Rb-Sr.

**Abstract:** The Junqueira syn-tectonic plutonic complex is located in the Central Iberian Zone (CIZ) in the Centre North of Portugal. It comprises several units of two-mica granitoids, texturally heterogeneous, emplaced into metasediments the Schist and Metagreywacke Complex (CXG) during the last Variscan deformation phase. The two Rb-Sr ages presented in this study ( $300 \pm 13$  Ma,  $302 \pm 22$  Ma) are slightly younger than the monazite U-Pb ages obtained for the Junqueira massif ( $307,8 \pm 0,7$  Ma;  $312,4 \pm 2,7$  Ma) and appear therefore to correspond to cooling ages.

**Keywords:** Two-mica syn-tectonic granitoids, Rb-Sr ages.

### **ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO**

O complexo plutónico sin-tectónico de Junqueira está localizado na Zona Centro Ibérica (ZCI), no centro norte de Portugal. À escala cartográfica, apresenta uma forma alongada na direcção NW-SE e ocupa o núcleo dum antiforma de terceira fase de deformação, com a mesma orientação, conhecido na literatura como antiforma Porto-Viseu (Valle Aguado *et al.*, 2005, Azevedo e Valle Aguado, 2006). É composto por granitóides de duas micas, texturalmente heterogéneos (grão médio a grosseiro, porfiróides e não porfiróides) mostrando frequentemente evidências de deformação no estado sólido (e.g. Oen, 1970, Neves, 1991, Valle Aguado *et al.*, 2005, Pereira *et al.*, 2006, Azevedo e Valle Aguado, 2006, Godinho *et al.*, 2010). Nas amostras mais deformadas chega a desenvolver-se uma foliação gnáissica, com orientação NW-SE, subvertical, concordante com as estruturas regionais. No seu conjunto, os granitóides do maciço de Junqueira intruíram metassedimentos de idade precâmbrica superior – câmbica inferior do Complexo Xisto-Grauváquico (CXG) durante a última fase de deformação varisca (D<sub>3</sub>), pelo que têm sido incluídos no grupo dos leucogranitos e granitos de duas micas sin-D<sub>3</sub> (Ferreira *et al.*, 1987).

## PETROGRAFIA

As amostras estudadas no âmbito deste trabalho foram colhidas nos extremos NW (am. 154-7) e SE (am. 178-102 a 178-105) do maciço sin-D<sub>3</sub> de Junqueira. Apresentam uma textura gnáissica, por vezes muito incipiente, conferida pela presença de bandas quartzo-feldspáticas nas quais se intercalam finos leitos lepidoblásticos, ricos em biotite e moscovite. Em termos mineralógicos, estas rochas são constituídas por uma associação mineral composta por quartzo, plagioclase (oligoclase), feldspato potássico (microclina ligeiramente pertítica), moscovite, biotite, apatite, zircão, monazite e opacos. A clorite e a sericite ocorrem como minerais secundários resultantes da alteração de biotite e da plagioclase, respectivamente.

O quartzo forma cristais predominantemente anédricos, com dimensões variando desde 0,05 mm a cerca de 2 mm. Os grãos de maiores dimensões tendem a ocorrer conjuntamente com cristais de plagioclase e feldspato potássico em níveis alongados, paralelos à foliação. Apresentam extinção ondulante, subgranulação, bandas de deformação e contactos suturados, como consequência dos processos de deformação no estado sólido a que a rocha foi sujeita. Observam-se também agregados poligonais de novos grãos de quartzo, testemunhando os efeitos de recristalização dinâmica.

O feldspato alcalino é microclina ligeiramente pertítica. Ocorre sob a forma de cristais incolores, com dimensões máximas de 2,5-3 mm, macla axadrezada da microclina, hábito variando de subédrico a anédrico, frequentemente envolvidos por bordos de recristalização, o que à semelhança do que acontece com o quartzo, indica que a deformação ocorreu a alta temperatura.

A plagioclase ocorre em cristais incolores, subédricos a anédricos, dimensões máximas de 2,5 mm, sem zonamento óptico evidente. A macla polissintética da albite nem sempre está bem definida. Por aplicação do método de Michel-Levy, foi possível classificar a plagioclase como oligoclase (An<sub>17-12</sub>). A maioria dos grãos de plagioclase também mostra sinais de deformação e encontra-se, por vezes, parcialmente substituída por moscovite secundária.

A moscovite é a mica dominante e contribui, conjuntamente com a biotite, para definir a foliação destas rochas. Ocorre na matriz sob a forma de cristais incolores, hipidiomórficos de origem primária, com dimensões entre 1 mm e 1,5 mm e indícios explícitos de deformação (clivagens encurvadas, extinção ondulante). Para além de moscovite primária, existem também finas palhetas de moscovite secundária que, nalguns casos, parecem resultar da recristalização da moscovite primária, enquanto noutros, se encontram a substituir a plagioclase e o feldspato potássico.

A biotite ocorre em cristais subédricos, fortemente pleocróicos ( $\gamma = \beta$  = castanho avermelhado;  $\alpha$  = castanho-claro). Pode apresentar extinção ondulante e clivagens encurvadas. Está, por vezes, alterada, para clorite, sobretudo nos bordos ou ao longo dos planos de clivagem, embora os fenómenos de cloritização tenham intensidade variável.



A apatite, o zircão e a monazite estão frequentemente presentes como inclusões na biotite. A apatite ocorre em cristais incolores, anédricos a subédricos, fracturados, enquanto o zircão e a monazite formam grãos de pequenas dimensões, rodeados por halos pleocróicos. Para além destas fases acessórias, as amostras contêm ainda minerais opacos, embora em pequenas proporções.

## GEOQUÍMICA

No diagrama R1 e R2 proposto por La Roche *et al.* (1980), as amostras estudadas projetam-se maioritariamente no campo dos sienogranitos ou no limite entre este campo e o dos granitos alcalinos. A sua projecção no diagrama A-B (Debon e Le Fort, 1983) revela que todas as amostras analisadas se localizam no domínio peraluminoso, com moscovite predominante sobre a biotite. As suas razões moleculares A/CNK variam entre 1,15 e 1,50 sugerindo uma origem por anatexia crustal de rochas metassedimentares (tipo-S).

Apesar do restrito espectro composicional e de alguma dispersão, as amostras deste maciço definem tendências de evolução coerentes nalguns diagramas de variação química. Com a diminuição do teor de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> total, os teores de SiO<sub>2</sub> e Na<sub>2</sub>O aumentam e os teores de MgO, TiO<sub>2</sub>, Rb, Zr e TR decrescem, indicando que a cristalização fraccionada de biotite, zircão e monazite poderão ter desempenhado um papel importante na diferenciação destes magmas.

Os perfis de terras raras normalizados para o condrito são subparalelos entre si e mostram um fraccionamento fraco a moderado das terras raras leves em relação às pesadas (LaN/LuN = 7,9 – 46,9) e anomalias negativas de európio de amplitude variável (Eu/Eu\* = 0,20 – 0,64). No conjunto, parece existir um decréscimo progressivo em terras raras com o grau de diferenciação, o que é compatível com a cristalização fraccionada de fases acessórias portadoras destes elementos (monazite e zircão).

## GEOLOGIA ISOTÓPICA Rb-Sr

As análises isotópicas obtidas em rocha total e minerais (feldspato, moscovite e biotite) da amostra do sector noroeste do maciço de Junqueira (154-7) permitiram definir uma isócrona interna, à qual se associa uma idade de  $300 \pm 13$  Ma, uma razão inicial  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_0 = 0,7172 \pm 68$  e um MSWD muito elevado (modelo 3, ISOPLLOT, Ludwig, 2003). Por outro lado, a isócrona de rocha-total obtida a partir de quatro amostras da porção sul do maciço forneceu uma idade de  $302 \pm 22$  Ma, com uma razão inicial  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_0 = 0,7147 \pm 68$  e um MSWD de 0,37 (modelo 1, ISOPLLOT, Ludwig, 2003).

Comparando com as idades U-Pb determinadas em monazites de amostras do mesmo maciço ( $307,8 \pm 0,7$  Ma, Valle Aguado *et al.*, 2005;  $312,4 \pm 2,7$  Ma, dados não publicados), verifica-se que as isócronas Rb-Sr dão idades ligeiramente mais jovens, embora concordantes dentro do limite de erro. Em corpos ígneos plutónicos que sofreram um arrefecimento muito lento, as idades determinadas

em minerais ou rocha total pelo método Rb-Sr representam frequentemente idades de arrefecimento. Admite-se, por isso, que as idades Rb-Sr obtidas correspondam a idades de arrefecimento e não a verdadeiras idades de cristalização. Com efeito, a idade U-Pb mais antiga ( $312,4 \pm 2,7$  Ma) é aqui considerada como a melhor estimativa para a idade de intrusão destes granitóides.

## CONCLUSÕES

As duas idades Rb-Sr apresentadas neste trabalho para os granitóides do maciço sin-tectónico de Junqueira ( $300 \pm 13$  Ma;  $302 \pm 22$  Ma) são mais recentes do que as idades U-Pb obtidas em monazites ( $307,8 \pm 0,7$  Ma;  $312,4 \pm 2,7$  Ma), sugerindo que o método Rb-Sr não pode ser usado para datar com rigor a instalação de rochas ígneas plutónicas que arrefeceram muito lentamente como parece ser o caso do Maciço de Junqueira.

## Agradecimentos

Este trabalho foi financiado pelo projecto PETROCHRON PTDC/CTE-GIX/112561/2009 (FCT-Portugal, COMPETE/FEDER) e PESt-C/CTE/UI4035/2011 (FCT-Portugal).

## BIBLIOGRAFIA

- AZEVEDO, M.R. & VALLE AGUADO, B. (2006). Origem e instalação de granitóides variscos na Zona Centro-Ibérica. In: *Geologia de Portugal no contexto da Ibéria*. Dias, R., Araújo, A., Terrinha, P. e Kullberg, J.C. (Eds.). Univ. de Évora, ISBN: 972-778-094-6, 107-121.
- DEBON, F. & LE FORT, P. (1983). A chemical-mineralogical classification of common plutonic rocks and associations. *Trans. R. Soc. Edinburgh Earth Sci.*, 73, 135-149
- FERREIRA, N., IGLESIAS, M., NORONHA, F., PEREIRA, E., RIBEIRO, A. & RIBEIRO, M.L. (1987). Granitóides da Zona Centro-Ibérica e seu enquadramento geodinâmico. In: *Geologia de los granitoides e rocas asociadas del Macizo Hespérico*. Bea, F., Carnicero, A., Gonzalo, J.C., López Plaza, M. and Rodríguez Alonso, M.D. (Eds.) Editorial Rueda, Madrid, 37-53.
- GODINHO, M.M., NEVES, L., PEREIRA, A., SEQUEIRA, A., CASTRO, P., SANTOS, T.B. (2010). Folha 17A (Viseu) da Carta Geológica de Portugal (1:50.000). Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa.
- LA ROCHE, H., LETERRIER, J. GRANDCLAUDE, P. & MARCHAL, M. (1980). A classification of volcanic and plutonic rocks using R1-R2 diagram and major element analysis. Its relationships with current nomenclature. *Chem. Geol.* 29:183-210.
- LUDWIG, K.R., 2003. Users manual for Isoplot 3.00. Berkeley Geochronology Center Special Publication, 4, 70 pp.
- NEVES, L.J.P.F. (1991). Transferências de matéria e energia na interface granitóides biotíticos porfiróides-granitóides muscovítico biotíticos na região de Torredes (Viseu, Portugal Central), PhD Thesis, University of Coimbra, Portugal, 240 pp.
- OEN, I.S. (1970). Granite intrusion, folding and metamorphism in Central Northern Portugal. *Bol. Geol. Min. España*, 81, 271-298.
- PEREIRA, E., RODRIGUES, J.F., GONÇALVES, L.S.M., MOREIRA, A. & SILVA, A.F. (2006). Folha 13-D (Oliveira de Azeméis) da Carta Geológica de Portugal (1:50.000), 2ª edição. Serviços Geológicos de Portugal. Lisboa.
- VALLE AGUADO, B., AZEVEDO, M.R., SCHALTEGGER, U., MARTÍNEZ CATALÁN, J.R. & NOLAN, J. (2005). U-Pb zircon and monazite geochronology of Variscan magmatism related to syn-convergence extension in Central Northern Portugal. *Lithos*, 82, p.169-184.

## ***Patrimônio Geológico em Áreas de Proteção Ambiental: Ubatuba – SP, Brasil***

*Geological Heritage in Areas of Environmental Protection: Ubatuba - SP, Brazil*

P. Santos<sup>1\*</sup>, M.G. Motta Garcia<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade de São Paulo, Departamento de Mineralogia e Geotectônica, Instituto de Geociências, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade de São Paulo, Departamento de Mineralogia e Geotectônica, Instituto de Geociências, Brasil.

\* priscila.lasantos@gmail.com

**Resumo:** O presente trabalho se ocupa em apresentar o desenvolvimento das atividades de inventário do Patrimônio Geológico do Litoral Norte do Estado de São Paulo. Esse inventário, assim como a descrição, quantificação e classificação fazem parte da dissertação de mestrado da autora. O Município de Ubatuba, litoral norte do Estado de São Paulo, abrange duas áreas de proteção ambiental: o Parque Estadual da Ilha Anchieta e o Núcleo Picinguaba do Parque Estadual da Serra do Mar. A região foi escolhida porque tem sua evolução geológica associada a eventos termo-tectônicos que remontam ao Neoproterozóico. Nesse sentido, os geossítios inventariados exemplificam a geodiversidade relacionada a esses eventos. Além disso, constitui um dos principais destinos turísticos da região.

**Palavras-chave:** Patrimônio Geológico, Áreas de Proteção Ambiental, Ubatuba – SP.

**Abstract:** This study focuses on the development of the inventory of the geoheritage along the Northern Coast of São Paulo. This inventory, as well as the description, quantification and classification of that geoheritage are part of the author's dissertation. The city of Ubatuba, in the Northern coast of São Paulo, covers two areas of environmental protection: Ilha Anchieta State Park and the Picinguaba Section in Serra do Mar State Park. The region was chosen because part of its geological evolution is associated with the thermal–tectonic events that date back to the Neoproterozoic. In this sense, the selected geosites exemplify the geodiversity related to these events. Moreover, the place is one of the main touristic destinations in the region.

**Keywords:** Environmental Protection Areas, Geological Heritage, Northern Coast of São Paulo

### **INTRODUÇÃO**

“A diversidade de ambientes físicos, suas características e elementos constituem a geodiversidade do Planeta Terra, podendo alguns locais apresentar particularidades que simbolizam os registros da história da Terra”. Esses locais são chamados de geossítios. O conjunto de geossítios inventariados e caracterizados de uma região é chamado de Patrimônio Geológico, e este representa a expressão máxima da geodiversidade (Brilha, 2005).

O município de Ubatuba constitui um dos principais destinos turísticos da região e tem sua evolução geológica associada a eventos termo-tectônicos que remontam ao Neoproterozóico. A região é reconhecida pelas suas exuberantes paisagens constituída pelas praias e encostas da Serra do mar que são recobertas pela Mata Atlântica.

A região inclui duas importantes áreas de proteção ambiental ou unidades de conservação, que integram o Projeto de Preservação da Mata Atlântica (PPMA): o Núcleo Picinguaba do Parque Estadual da Serra do Mar e o Parque Estadual da Ilha Anchieta (PEIA). Ambas apresentam grande potencial geoturístico, pois além da rica fauna e flora, apresentam afloramentos rochosos formados em diferentes estágios evolutivos, caracterizando grande potencial didático para a comunidade científica e público leigo quanto à origem e evolução deste segmento do litoral.

O inventário e classificação de geossítios são feitos utilizando-se um contexto geológico definido (framework). No caso da região abordada, o principal aspecto de carácter geocientífico a ser considerado no que concerne aos afloramentos descritos será a amalgamação, a evolução e a fragmentação do Supercontinente Gondwana, que se constituem em eventos tectônicos importantes na história geológica da região. Neste sentido, alguns sítios geológicos da região podem ser utilizados para exemplificar a geodiversidade relacionada a esta etapa (Garcia, 2012).

A metodologia da pesquisa envolve o levantamento bibliográfico, durante o qual são compilados os trabalhos anteriores realizados na região no âmbito principalmente da Geologia; comunicação oral com professores do Instituto de Geociências IGc/USP, moradores da região de Ubatuba e monitores ambientais dos parques estaduais, para que a identificação dos geossítios seja feita de maneira mais direcionada.

Na etapa de investigação de campo foram visitados os geossítios já preliminarmente descritos em trabalhos anteriores do grupo de pesquisa, além de mapeamento de outros potenciais locais de interesse geológico. O acesso aos geossítios se deu principalmente pelo percurso das trilhas ecoturísticas nas unidades de conservação de Ubatuba e pelo acesso aos costões rochosos nas praias. Durante estes trabalhos foram feitas descrições dos afloramentos em relação aos seus aspectos estruturais/ litológicos - identificação das principais relações estruturais e dos principais litotipos. Os geossítios foram marcados com o auxílio de um GPS (Global Positioning System) Garmin. *O processo metodológico se encontra em fase de análise e integração dos dados. As amostras coletadas em campo estão sendo alvo de descrição petrográfica detalhada. E se necessário, dependendo da natureza do geossítio considerado, passarão por análises geoquímicas e geocronológicas.*

### **EXEMPLOS DE GEOSSÍTIOS INVENTARIADOS**

Como exemplos de geossítios inventariados em Ubatuba destacam-se o “Geossítio Charnockito Ubatuba” e o “Geossítio dos Xenólitos Mantélicos e Feições de Explosão”, na Praia Vermelha.

No litoral Norte do Estado de São Paulo reconhecem-se seis corpos lenticulares de charnockito, em geral em contato transicional com um hornblenda-biotita granito. Um corpo principal de aproximadamente em 250km<sup>2</sup>, 50km na extensão WSW-ENE, e em média 5 de largura. É sobre este corpo que se localiza o Município de Ubatuba (Neumann, 1993).

Datadas em ~565 Ma por U-Pb (zircão) ID-TIMS de zircão (Azevedo Sobrinho, 2011) e afins foram geradas por magmatismo ácido. Em seguida, teriam sido submetidas a metamorfismo regional da fácies granulito e subsequente migmatização, possivelmente à orogênese transamazônica. Posteriormente, submetidas à remigmatização e à feldspatização, em condições de provável fácies anfibolito durante o Ciclo Brasileiro (Garda, 1995).

O Geossítio Charnockito Ubatuba localiza-se na Praia do Prumirim (Fig. 1 e 3). É formado por um lajeado de cerca de 30 metros de altura e outro com cerca de 100 metros de extensão. Além do charnockito, podemos observar feições como juntas de resfriamento, intrusões de granito fino róseo, dobras e um dique com orientação NE-SE, que registram importantes processos geológicos e de caráter didático.

O Geossítio da Praia Vermelha está localizado na Praia Vermelha do Centro (fig.1 e 2), em Ubatuba, o afloramento é formado por gnaisses graníticos e provavelmente charnokitos retrometamórficos do Complexo Costeiro. Dois aspectos principais fazem deste geossítio um local especial: os gnaisses são cortados por diques lamprófiros verticais e subverticais que hospedam xenólitos, todos de composição espinélio peridotitos, da rocha encaixante (Almeida, 2009). Associadas aos diques ocorrem outro grupo de rochas máficas, formadas por atividades vulcânicas, provenientes de magmas ricos em voláteis. Os condutos vulcânicos, resultante dessa atividade resultariam na formação dos cones de explosão (Garda, 1995).

## CONCLUSÃO

Até o momento foram descritos 15 geossítios no Município de Ubatuba. Do número total 10 encontram-se dentro das unidades de conservação: 2 no Parque Estadual da Ilha Anchieta e 8 em costões rochosos – área reconhecida como bem da União. O principal aspecto de caráter geocientífico (*framework*), considerado no que concerne aos afloramentos descritos é a amalgamação, a evolução e a fragmentação do Supercontinente Gondwana.

No sudeste brasileiro, são poucas as ocorrências de xenólitos, sendo as únicas conhecidas Coromandel e Monte Carmelo (MG), Córrego da Cachoeira (MG) e Praia Vermelha (SP). As feições encontradas no geossítio da praia vermelha representam importantes e raros registros do vulcanismo associados à fragmentação do Supercontinente Gondwana na porção ocidental.

Dada a importância do ponto de vista científico, em discussões preliminares a respeito da valorização e divulgação sugere-se que pela sua importância e raridade, esse geossítio poderia ser divulgado inicialmente para a comunidade científica. Como está localizado em uma praia bastante visitada em Ubatuba, pode ser divulgado para os turistas em roteiros geoturísticos, mas não seria alvo para o público escolar (como ensino fundamental) principalmente não ser de fácil acesso por questões de segurança.

O Geossítio “Charnockito Ubatuba” registra importantes feições resultantes do magmatismo toleítico durante o Ciclo brasileiro. Além disso, o charnockito representa grande importância histórica e econômica na região. Conhecido comercialmente como “granito verde Ubatuba” durante a década de 80, foram extraídos grandes volumes de rochas, que eram exportados principalmente para o Japão e Itália.

Sugere-se para esse geossítio que em etapas futuras o mesmo seja incluso em um roteiro geoturístico didático, apresentando além de seus aspectos históricos, já reconhecido e divulgado pelo público local, seja informada sua importância do ponto de vista geológico.

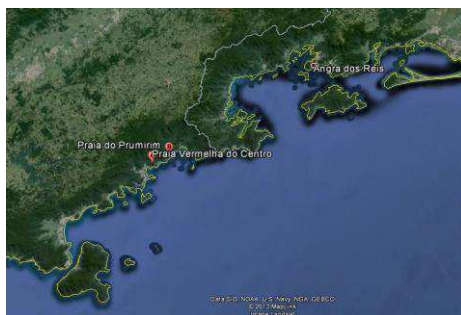
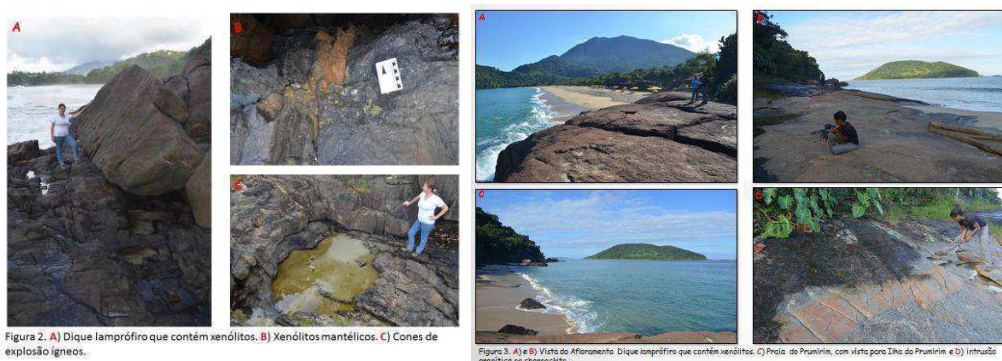


Figura 1. Mapa de localização dos geossítios da Praia Vermelha e Praia do Prumirim



## BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA, V.V., 2009. Mineralogia e Petrologia de xenólitos mantélicos das regiões de Ubatuba (SP) e Monte Carmelo (MG): evidências de fusão parcial e metassomatismo no manto superior e no sudeste do Brasil. São Paulo: Instituto de Geociências da USP. (dissertação de Mestrado).
- AZEVEDO SOBRINHO, J.M., JANASI, V.A., SIMONETTI, A., HEAMAN, L.M., SANTORO, J., DINIZ, H.N., 2011. The Ilha Anchieta Quartz Monzonite: the southernmost expression of Ca. 500 Ma post-collisional magmatism in the Ribeira Belt. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 83(3): 891-906.
- BRILHA J. B. R. 2005. Patrimônio Geológico e Geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica. Palimage Editora, 190 p
- GARCIA, M.G.M., 2012. Gondwana Geodiversity and Geological Heritage: examples from the North Coast of São Paulo State, Brazil. *Anuário IGEO/UFRJ*.
- GARDA, G.M. 1995. *Os diques básicos e ultrabásicos da região costeira entre as cidades de São Sebastião e Ubatuba, Estado de São Paulo*. São Paulo: Instituto de Geociências da USP, 2v. (Tese de Doutorado)
- NEUMANN, R. 1993. Contribuição à petrologia das rochas charnockíticas de Ubatuba, leste do Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, USP, 86 pp.
- SCHMITT, R.S., TROUW, R.A.J., Van SCHMUS, W.R., PIMENTEL, M.M., 2004. Late amalgamation in the central part of Western Gondwana: new geochronological data and the characterization of a Cambrian collision orogeny in the Ribeira Belt (SE Brazil). *Precambrian Research* 133: 29–61.
- SANTOS, P.L.A., GARCIA, M. G. M., 2013. Xenólitos mantélicos e cones de explosão: o geossítio da Praia Vermelha, Ubatuba – SP. Brasil, II Simpósio de Patrimônio Geológico e Geoconservação. Ouro Preto, 2013.

# ***Importância da Indústria Mineira na Sociedade Envolvente***

## ***Importance of Mining Industry in Surrounding Society***

B. Sena da Fonseca<sup>1\*</sup>, A. Vilão<sup>2</sup>, C. Galhano<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigação em Ciências e Engenharia Geológica, F.C.T. – U.N.L., 2829-516 Caparica, Portugal

<sup>2</sup> Departamento de Ciências da Terra, F.C.T. – U.N.L., 2829-516 Caparica, Portugal

\*E-mail of the corresponding author: [senadafonseca@gmail.com](mailto:senadafonseca@gmail.com)

**Resumo:** Geograficamente, a indústria mineira não pode ser implantada onde o Ser Humano necessita ou deseja, mas sim onde as condições geológicas são favoráveis. Desta forma, na maioria das ocasiões situam-se distantes de pólos populacionais, num meio rural, onde poderá não existir quantidade de mão-de-obra qualificada suficiente para satisfazer as necessidades da indústria. Desta forma procura-se atestar esta ideia, identificar e avaliar as modificações sofridas pelo meio envolvente em termos socioeconómicos e culturais focando um caso português através de dados estatísticos. Concluiu-se que a indústria mineira é em todos os aspectos uma actividade dinamizadora da sociedade envolvente e um significativo motor de progresso local e regional.

**Palavras-chave:** Industria Mineira, sociedade, Portugal, Castro Verde.

**Abstract:** Geographically, the mining industry cannot be developed where human beings needs or wishes, but where geology provides favorable conditions. Thus, in most cases are located far from big cities, in rural zones, where the amount of qualified workers is insufficient for the industry. The aim of the work is to identify and evaluate the changes in socio-economic and cultural life namely in the Portuguese case, through statistical data analysis. It was possible to conclude that the mining industry is positive in all fields for the surrounding society.

**Key-words:** Mining Industry, society, Castro Verde.

## **INTRODUÇÃO**

Os minerais influenciam todos os aspectos quotidianos e estão no centro da nossa sociedade e desenvolvimento tecnológico (Brodtkom, 2000). O actual nível de vida seria impossível caso não fossem explorados recursos minerais. São estes que constituem a base de sustentação de vários sectores industriais e outras actividades económicas relevantes, integram bens de equipamento e consumo, duradouros ou não, essenciais aos padrões de qualidade de vida actuais (Magno, 2001).

Em todas as etapas associadas à uma exploração mineira é necessária uma grande mobilização de pessoas. Sob um outro ponto de vista, é necessário também um grande investimento económico e uma tecnologia evoluída. As acessibilidades também são alvo de preocupação para o escoamento da matéria-prima. Assim, esta indústria pode proporcionar um grande desenvolvimento para as áreas envolventes ao seu local de implementação e a nível regional pode constituir uma actividade importante (Valente, 2008).

De acordo com Azapagic (2004), a actividade mineira envolve 30 milhões de pessoas em todo o mundo, contudo, o autor relembra também que os postos de trabalho indirectos têm de ser considerados. Assim, de 250 a 300 milhões de pessoas constituem a quantidade de mão-de-obra envolvida no sector mineiro.

Algumas matérias-primas de natureza mineral desempenham um papel de destaque na economia dos diferentes países, condicionando os seus PIB. Portugal não é excepção, o PIB no ano de 2011 foi cerca de 177 mil milhões de euros (PORDATA), dos quais 1.3 mil milhões de euros pertencem à indústria extractiva, segundo a DGEG (2012).

Para além de uma reflexão acerca do papel da indústria mineira nas sociedades envolvidas, o presente trabalho estuda o caso do Concelho de Castro Verde. Recorreu-se a alguns dados estatísticos para provar a importância da indústria mineira no desenvolvimento das suas áreas limítrofes.

## DESENVOLVIMENTO

As maiores taxas de crescimento demográfico registaram-se na maioria dos casos em concelhos do litoral, enquanto a maioria dos concelhos do interior perderam habitantes, em particular no Alentejo, onde a densidade populacional é bastante inferior à média nacional. Devido à maior quantidade de potenciais interessados constata-se que as principais universidades com formação necessária à indústria mineira (ex. Cursos de Geologia e Eng. Geológica e Minas) localizam-se na maior parte dos casos no litoral. Desta forma, o interior do país carece de indivíduos qualificados, o que poderá originar uma migração de população qualificada para o interior. Formação noutras áreas são igualmente necessárias e pode-se extrapolar do caso anterior uma migração semelhante.

De acordo com Ramos Pereira *et al.* (2005) os recursos geológicos têm desigual repartição no território de Portugal Continental. Os recursos minerais metálicos, por norma, necessitam de uma elevada quantidade de mão-de-obra e técnicos especialistas e qualificados. Estes recursos são os que mais mudanças trazem às zonas envolvidas à sua exploração. De todas as explorações que existiram na região do Alentejo, pode dizer-se que duas persistem, no Concelho de Castro Verde e no Concelho de Aljustrel.

Contrariamente ao que sucede na maioria das actividades industriais, a questão da localização não tem no sector extractivo o mesmo grau de liberdade. Noutras indústrias, pode-se escolher mediante estudos apropriados o local de implementação de uma fábrica (Menezes, 1988).

No momento em que se inicia uma exploração mineira através da implantação de todas as infraestruturas e novas tecnologias inerentes a esta indústria num meio rural, poderíamos considerar que a área se torna numa “zona industrial”. Será indiscutível que esta actividade provoca um aumento populacional e um crescimento económico acelerado. Contudo em países pouco desenvolvidos, a actividade mineira realiza-se em polos isolados com pouco contacto com a sociedade envolvente, desta forma constitui uma realidade isolada da realidade local que não está integrada na comunidade (Valente, 2008).

O caso histórico português revela uma situação intermédia onde as grandes empresas mineiras (nacionais e estrangeiras) sempre procuraram um envolvimento da população local nos trabalhos das



minas. Eram construídas casas (quartéis) e igrejas para mineiros, existia a manutenção de caixas de auxílio na doença, sustento de bandas filarmónicas e clubes de futebol (Guimarães, 2001).

Desta forma, estas grandes empresas proporcionaram uma evolução ou pelo menos, uma mudança na vida destas populações. Estas fazem parte da mão-de-obra e são-lhes prestados serviços comunitários na área da saúde, religiosa e lúdica.

Actualmente o aumento de pressão junto da indústria extractiva no sentido da melhoria do seu desempenho ambiental e social provocou mudanças óbvias na qualidade de vida das populações envolventes, sob aspectos económicos, ambientais, de segurança e saúde.

Neste sentido, uma exploração mineira para além de necessitar de ser economicamente sustentável, tem que incorporar conceitos como os da preservação do ambiente, responsabilidade social, promover outras actividades para além da exploração e desenvolver competências nas comunidades locais (Figueiredo *et al.* 2008).

Nas antigas áreas mineiras os aspectos culturais e de tradição inerentes à vida mineira estão ainda muito presentes nas populações, bastante distintos de outras zonas rurais que não sofreram a industrialização mineira. Esta cultura poderá estar associada à heterogeneidade das posições ocupadas pelos indivíduos no trabalho. Os habitantes locais habituados a trabalhar segundo costumes, passaram a trabalhar de acordo com as regras impostas pela indústria estabelecendo um sentimento de solidariedade entre membros semelhantes. No entanto, as novas necessidades industriais podem estar a provocar uma migração de população com características culturais distintas. A actividade mineira está relacionada com a diversidade cultural (Seymoar, 2000).

As indústrias mineiras constituem «locomotivas económicas» (Menezes, 1988). Surgem frequentemente em zonas rurais onde o poder económico é baixo, contudo esta dinâmica é francamente afectada pela presença de uma indústria de grande dimensão, não só pela criação de postos de trabalho directos com remunerações substancialmente superiores aos de um agricultor, pastor ou silvicultor mas também pela introdução de nova população que contribui para o desenvolvimento local (Kitula, 2006).

### **CASO DE ESTUDO**

O caso estudado diz respeito ao concelho de Castro Verde, onde se situa uma importante indústria mineira de exploração de cobre e zinco. Analisando a evolução da população residente em alguns concelhos do Baixo-Alentejo verifica-se no geral uma diminuição ao longo dos anos (figura 1). A exceção regista-se no concelho de Castro Verde, onde a população aumentou principalmente a partir de 2002 (ano em que a cotação do cobre subiu e consequentemente, a massa laboral da mina aumentou).

A qualificação da população aponta o predomínio de população com nível de ensino do 4º Ano (1º Ciclo) no concelho de Castro Verde, com 38,1% (tabela 1). Não pode ser ignorada a percentagem de população sem qualquer nível de ensino (18,8%). A percentagem de população com o ensino superior (7,4%) pode revelar-se insuficiente para satisfazer a procura da indústria mineira. Este aspecto pode ser um indicador da migração de mão-de-obra qualificada.

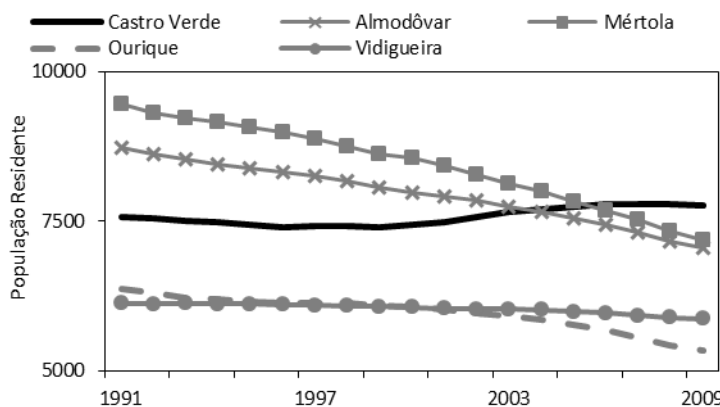


Figura 1 – Evolução da população residente em alguns concelhos do Baixo-Alentejo (INE).

Tabela 1 – Qualificação da população de Castro Verde em 2009 (%).

Nenhum	4ºAno	6ºAno	9ºAno	Secundário	Superior
18,8	38,1	12,8	10,5	12,4	7,4

Tabela 2 – Ganho mensal médio por habitante no ano 2009 (INE).

Local	(€)
Portugal	1010,40
Baixo Alentejo	883,20
Aljustrel	995,10
Almodôvar	717,60
Alvito	848,50
Barrancos	693,40
Beja	894,20
Castro Verde	1256,00
Cuba	786,10
Ferreira do Alentejo	794,30
Mértola	698,60
Moura	803,30
Ourique	690,70
Serpa	755,50
Vidigueira	768,20

Analisando o ganho médio mensal dos vários concelhos do Baixo Alentejo, constata-se que Castro Verde se situa em primeiro lugar (tabela 2). O ganho médio mensal deste concelho é superior em cerca de 250 Euros à média de Portugal Continental onde estão contabilizados os grandes centros urbanos do litoral. Este facto poderá dever-se essencialmente à presença da indústria mineira neste concelho.

Fonseca (2002) analisou diversos índices que resultam da ponderação de um grande número de indicadores de toda a região de Portugal continental (tabela 3). É necessário ter em conta que os valores são referentes ao ano de 2002, na pior fase da indústria mineira de Castro Verde, desta forma, os índices aqui expostos podem estar subestimados em relação a outras fases da vida da mina. Em todos os índices abordados é possível verificar que Castro Verde ocupa sempre uma posição elevada relativamente aos restantes Concelhos do Baixo-Alentejo. Relativamente à Educação e Cultura, Castro Verde é superior a todos os outros do mesmo distrito (à excepção de Beja) e inclusivamente superior à média de Portugal Continental. De acordo com o PARP (Plano ambiental e de recuperação paisagística) da empresa, existe co-financiamento da indústria mineira em infraestruturas básicas, desportivas, recreativas e culturais (como a criação de centros de ocupação

de tempos livres e a dinamização de actividades recreativas, desportivas e culturais).

Analisando o índice de desenvolvimento que constitui uma média ponderada dos anteriores índices, verificamos que de todos os concelhos em comparação, à excepção de Beja, Castro Verde é o que apresenta melhores resultados e serão, sem dúvida, explicados pela presença física da mina neste Concelho, que se revela um importante fonte de desenvolvimento.

Tabela 3 – índices indicadores dos vários concelhos do Baixo-Alentejo (Adaptado de Fonseca, 2000).

	I.Des.	I.D.	I.S.A.S.	I.E.C.	I.R.	I.E.A.E.
Portugal	100 <sup>(2)</sup>	100 <sup>(1)</sup>	100 <sup>(2)</sup>	100 <sup>(4)</sup>	100 <sup>(1)</sup>	100 <sup>(2)</sup>
Alentejo	82,8 <sup>(4)</sup>	75,7 <sup>(5)</sup>	78,7 <sup>(4)</sup>	96,8 <sup>(5)</sup>	85,6 <sup>(4)</sup>	81,5 <sup>(4)</sup>
Beja	103,3 <sup>(1)</sup>	78,8 <sup>(2)</sup>	156,5 <sup>(1)</sup>	122,9 <sup>(1)</sup>	99,9 <sup>(2)</sup>	98,5 <sup>(3)</sup>
Castro Verde	84,5 <sup>(3)</sup>	77,8 <sup>(4)</sup>	46,6 <sup>(9)</sup>	111,9 <sup>(2)</sup>	89,5 <sup>(3)</sup>	79,9 <sup>(6)</sup>
Alvito	76,9 <sup>(5)</sup>	64,6 <sup>(14)</sup>	80,9 <sup>(3)</sup>	82,6 <sup>(13)</sup>	72,0 <sup>(9)</sup>	108,3 <sup>(1)</sup>
Aljustrel	73,7 <sup>(6)</sup>	78,1 <sup>(3)</sup>	51,3 <sup>(8)</sup>	86,5 <sup>(10)</sup>	79,8 <sup>(5)</sup>	59,9 <sup>(15)</sup>
Moura	71,5 <sup>(7)</sup>	75,1 <sup>(6)</sup>	43,0 <sup>(11)</sup>	88,3 <sup>(8)</sup>	76,0 <sup>(6)</sup>	60,8 <sup>(12)</sup>
Serpa	70,2 <sup>(8)</sup>	71,5 <sup>(9)</sup>	59,0 <sup>(5)</sup>	88,0 <sup>(9)</sup>	69,2 <sup>(12)</sup>	63,1 <sup>(10)</sup>
Cuba	70,2 <sup>(9)</sup>	71,2 <sup>(10)</sup>	52,6 <sup>(7)</sup>	89,6 <sup>(6)</sup>	71,9 <sup>(10)</sup>	60,1 <sup>(14)</sup>
Almôdovar	69,9 <sup>(10)</sup>	72,5 <sup>(8)</sup>	43,6 <sup>(10)</sup>	89,2 <sup>(7)</sup>	70,4 <sup>(11)</sup>	64,5 <sup>(9)</sup>
Odemira	69,8 <sup>(11)</sup>	72,7 <sup>(7)</sup>	34,9 <sup>(15)</sup>	75,7 <sup>(16)</sup>	73,6 <sup>(8)</sup>	81,1 <sup>(5)</sup>
Ourique	67,5 <sup>(12)</sup>	65,5 <sup>(13)</sup>	56,2 <sup>(6)</sup>	81,1 <sup>(14)</sup>	68,3 <sup>(13)</sup>	70,2 <sup>(7)</sup>
Vidigueira	67,3 <sup>(13)</sup>	67,0 <sup>(12)</sup>	40,9 <sup>(13)</sup>	77,3 <sup>(15)</sup>	76,0 <sup>(7)</sup>	65,8 <sup>(8)</sup>
Barrancos	65,5 <sup>(14)</sup>	70,1 <sup>(11)</sup>	37,1 <sup>(14)</sup>	83,5 <sup>(12)</sup>	65,7 <sup>(15)</sup>	61,1 <sup>(11)</sup>
Mértola	65,3 <sup>(15)</sup>	64,3 <sup>(15)</sup>	42,2 <sup>(12)</sup>	85,6 <sup>(11)</sup>	68,3 <sup>(14)</sup>	60,8 <sup>(13)</sup>

**Legenda:** I.Des.- Índice de Desenvolvimento; I.D. - Índice de Demografia; I.S.A.S. - Índice de Saúde e Assistência Social; I.E.C. - Índice de educação e cultura; I.R. - Índice de Rendimento; I.E.A.E. - Índice de Emprego e Actividade económica.

## CONCLUSÃO

É indiscutível que a extracção de recursos minerais é desde há muito um pilar essencial para os diferentes povos e sociedades. Esta actividade não é somente essencial como condiciona sob todos os aspectos a sociedade. Portugal destaca-se pela sua variedade e qualidade de recursos minerais. Actualmente, as explorações de recursos minerais metálicos de maior importância localizam-se em locais remotos e apresentam um papel importante a nível nacional e essencialmente regional onde se situam. Sendo numa típica zona rural, o caso estudado revela que existe uma ligação entre a exploração e os movimentos populacionais. Foi possível comprovar que a sua presença é bastante importante para a sociedade envolvente, sendo este facto materializado por diferentes indicadores de desenvolvimento, tais como os culturais, de rendimento, saúde, etc.. A indústria mineira é em todos os aspectos, uma actividade dinamizadora da sociedade envolvente.

## Bibliografia

- Azapagic, A. (2004) – Developing a framework for sustainable development indicators for the mining and minerals industry. *Journal of Cleaner Production* 12. pp. 639-662
- Brodtkom, F. (2000) – As boas práticas ambientais na indústria extractiva: Um guia de referência. I.G.M. Lisboa
- DGEG (2012) – Informação Estatística da Indústria Extractiva. n.14. p.12.
- Figueiredo, E., Coelho, C., Valente, S. (2008) – Entre os riscos e benefícios – análise de percepção social do risco em duas comunidades mineiras. VI Congresso Português de Sociologia.
- Fonseca, P. (2002) – Índices de desenvolvimento concelhio. INE.
- Guimarães, P. (2001) – Indústria e conflito no meio rural: Os mineiros alentejanos (1858-1938). Edições Colibri.
- Kitula, A. (2006) – The environmental and socio-economic impacts of mining on local livelihoods in Tanzania: A case study of Geita District. *Journal of Cleaner Production*. 14 pp. 405-414.
- Magno, C. (2011) – O sistema de gestão territorial e os recursos geológicos de Portugal. *Boletim de Minas*. 38. Vol.3

Menezes, J. (1988) – Perspectivas de desenvolvimento da actividade mineira em Portugal. Boletim de minas 25 (4). pp. 331-341.

Pereira, A., Zêzere, J, Morgado P. (2005) – Os recursos naturais em Portugal: Inventariação e proposta de um modelo gráfico de avaliação. X Colóquio Ibérico de Geografia. Évora.

Seymoar, N. (2000) – Mining and the social imperative. UNEP. Mining and sustainable development. pp. 57-59  
PORDATA – [<http://www.pordata.pt/Portugal/PIB+e+rendimentos-2412>]; Consulta: 25.09.2013.

Plano de Encerramento e Plano Ambiental e de Recuperação Paisagística (PARP) da Mina. EnviEstudos 2008.

Valente, S. (2008) – “Sol nunca houve nem há-de haver...” As Minas da Panasqueira e seus impactos nas Comunidades Locais. Tese de Mestrado. Faculdade de Economia – Universidade de Coimbra.

## ***A utilização do lúdico no ensino de Geociências: Um relato da aplicação do jogo Bogicca durante o 46º Congresso Brasileiro de Geologia, em Santos.***

*The use of ludic on Geosciences' teaching: A report of Bogicca's application during the 46th Brazilian Congress of Geology in Santos.*

F. C. Reverte<sup>1\*</sup>, M. G. M. Garcia<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, Núcleo GeoHereditas

<sup>2</sup> Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, Núcleo GeoHereditas

\* fernanda.reverte@usp.br

**Resumo:** A utilização de jogos como recurso didático tem sido um importante facilitador no processo de ensino/aprendizagem. Além de auxiliar no desenvolvimento de habilidades cognitivas, promove também a melhoria das qualidades físicas, emocionais e sociais dos educandos. Com base nessa metodologia, que alia recursos lúdicos ao ensino, apresentamos Bogicca, um jogo de regras cujo objetivo é ampliar os conhecimentos dos participantes acerca dos Processos de Formação dos Solos. O jogo tem por finalidade complementar o ensino de Geociências no tocante à formação de solos, além de apresentar tópicos importantes voltados à educação ambiental. Ademais, Bogicca incentiva, de um modo dinâmico e educativo, a preservação da natureza através do desenvolvimento da responsabilidade ambiental dos jogadores. Neste resumo, descreveremos sucintamente a concepção do jogo e sua aplicação ao público da “Praia das Geociências”, durante o 46º Congresso Brasileiro de Geologia.

**Palavras-chave:** Recurso Didático; Formação do Solo; Geociências; Educação Ambiental.

**Abstract:** The use of games as a teaching resource has been an important facilitator in the process of teaching / learning. Besides assisting in the development of cognitive skills also promotes the improvement of the physical, emotional and social needs of the students. Based on this methodology, which combines recreational resources to teaching, we present Bogicca, a game with rules whose purpose is to broaden the knowledge of participants about the Processes of Soil Formation. The game's objective is to complement the teaching of Geosciences regarding the formation of soils, and to present important topics focused on environmental education. Moreover, Bogicca encourages a dynamic and educational preservation of nature through the development of environmental responsibility of the players. In this summary, we briefly describe the design of the game and its application to the public at the “beach of Geosciences”, during the 46th Brazilian Congress of Geology.

**Key-words:** Teaching Resource; Soil Formation; Geoscience; Environmental Education.

### **INTRODUÇÃO**

A ausência de conhecimento mais aprofundado sobre o planeta faz com que, muitas vezes, a população explore de forma inadequada os recursos naturais que a Terra oferece, os quais são fundamentais à manutenção da vida. O solo é um destes recursos, primordial à concepção de conceitos como Hidrosfera, Geosfera e suas interligações nos ciclos naturais com a Atmosfera e Biosfera.

A compreensão dos processos de formação do solo, que ocorrem em escala de tempo geológico de milhares ou mesmo milhões de anos, possibilita a otimização do uso e manejo correto desse recurso, assim como de todos os recursos naturais disponíveis no planeta. Assim, faz-se necessário o emprego de ações voltadas à divulgação e ao ensino das Ciências da Terra junto às comunidades, visando uma ocupação sustentável do meio ambiente.

No estudo das Geociências, o uso de ilustrações, imagens, vídeos e jogos, como suplemento ao ensino, é importante e necessário, uma vez que muitos conceitos são de difícil entendimento e assimilação (Lopes e Carneiro, 2009). Como forma de suprir essa lacuna no aprendizado das Ciências da Terra, insere-se o Bogicca, um jogo de regras, cujo objetivo é ampliar os conhecimentos dos participantes acerca dos Processos de Formação dos Solos.

O jogo, voltado a princípio ao público infantil, foi adaptado para contemplar a “Praia das Geociências”, anexo do 46º Congresso Brasileiro de Geologia, ocorrido na cidade de Santos em outubro de 2012. Uma espécie de “Museu a Céu Aberto”, a Praia tinha por objetivo transmitir à população conceitos intrínsecos às Geociências por meio de diversas atividades relacionadas com a Geologia.

## DESENVOLVIMENTO

O jogo Bogicca, fruto de um projeto da disciplina de Recursos Didáticos em Geociências do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, foi desenvolvido a partir do convívio com um grupo de crianças entre sete e nove anos de idade de uma instituição da cidade de São Paulo. A partir da observação das dificuldades encontradas nas crianças acerca da formação do solo, foram desenvolvidas as cartas e as regras responsáveis pela dinâmica do jogo.

No tabuleiro do jogo (Fig. 1) estão representados os elementos que, associados, são responsáveis pela formação do solo: Material de origem (rocha ígnea, metamórfica ou sedimentar); Clima; Relevo; Animais e Plantas (representando os organismos vivos); e o Tempo. O objetivo do jogo é entender e concluir os processos que resultam na formação do solo.

Bogicca é indicado para crianças a partir dos sete anos de idade, que saibam ao menos ler. O vencedor será o primeiro jogador que chegar à casa da minhoca-mascote “Bogicca”, que é o próprio solo formado, representada pelo triângulo central do tabuleiro. Neste jogo temos duas modalidades de cartas, chamadas de “Você está Atolado” e “Sorte ou Revés”. A primeira modalidade descrita representa as cartas que contêm as perguntas e respostas sobre o tema central do jogo. A segunda, diz respeito às cartas de “Sorte ou Revés”, devendo o jogador ler e cumprir o indicado por ela (Fig. 2). Além disso, nesta modalidade, há cartas que apresentam fatores que podem prejudicar o solo, outros que ensinam a protegê-lo, além de dicas de preservação e desenvolvimento sustentável, bem como conceitos relacionados aos temas descritos, que juntos dão a dinâmica ao jogo.



Fig. 1: Tabuleiro do jogo Bogicca



Fig. 2: Alguns exemplos das cartas do jogo

Para a “Praia das Geociências”, Bogicca foi confeccionado em forma de um tabuleiro de 12 m<sup>2</sup> fixo no chão com as peças fabricadas em pelúcia (Fig. 3) e aumento do nível de dificuldade das perguntas contidas nas cartas. Além de despertar o interesse do público infantil, contou com a participação de inúmeras pessoas, inclusive jovens e adultos (Fig.4).



Fig. 3: Tabuleiro e peças em pelúcia



Fig. 4: Aplicação do jogo Bogicca na Praia das Geociências

## CONCLUSÃO

A aprendizagem e a ludicidade não podem ser vistas como ações com objetivos distintos, mas um meio facilitador do ensino. Desta forma, o lúdico influencia enormemente o desenvolvimento humano, desde a infância, pois é através do jogo que a criança aprende a agir, sua curiosidade é estimulada, adquire iniciativa e autoconfiança, proporciona o desenvolvimento da linguagem, do pensamento e da concentração (Vygotsky, 2003). Estes fatores puderam ser observados durante a aplicação do Bogicca na “Praia das Geociências”, onde a interação entre os participantes geraram questionamentos que favoreceram à aprendizagem.

Sabendo da importância dos jogos no desenvolvimento educacional, no que se refere à aquisição de valores que formam o caráter, a melhora no convívio social e o auxílio pedagógico no processo de aprendizagem, o jogo Bogicca mostrou ser um Recurso Didático favorável à Educação Ambiental, e pode ser utilizado como um dos métodos comprovados na transmissão de conceitos geocientíficos, haja vista que a pedologia pertence às geociências e colabora para o desenvolvimento da visão sistêmica do planeta terra, contribuindo para a constituição de uma percepção holística dentro de um novo paradigma para a educação ambiental que não é somente biológica, mas deve conter elementos geológicos e pedológicos (geocientíficos).

## Bibliografia

- LOPES, O.R. e CARNEIRO, C.D.R. O jogo “Ciclo das Rochas” para ensino de Geociências. Rev. bras. geociências, vol.39, no.1, p.30-41, 2009.
- VYGOTSKY, L. A formação social da mente. São Paulo: Martins Fontes, 2003.



## ***Análise espectral do Campo Eléctrico Atmosférico em Lisboa***

### *Spectral analysis of the Atmospheric Electric Field in Lisbon*

R. Conceição<sup>1</sup>, M. Melgão<sup>2</sup>, H. G. Silva<sup>1,2</sup>, M. Tlemçani<sup>1,2</sup>, A. H. Reis<sup>1,2</sup>, C. Serrano<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Physics Department, University of Évora, Rua Romão Ramalho, 59, Évora, Portugal

<sup>2</sup> Évora Geophysics Centre, University of Évora, Rua Romão Ramalho, 59, Évora, Portugal

\* hgsilva@uevora.pt

**Resumo:** No presente estudo foram considerados os valores de Campo Eléctrico Atmosférico horários registrados na estação meteorológica da Portela (Lisboa, Portugal, 38°47'N, 9°08'O) no período de 1955 a 1991. O Instituto de Meteorologia Português registrou esses dados com um Electrografo de Benndorff a uma altura de 1 m. A série de dados foi interrompida em 1975-1977 porque o eletrómetro foi desligado para manutenção. O principal objetivo do trabalho é identificar as principais frequências características do CEA, relacionando-as com os mecanismos físicos, como a poluição, a atividade solar, etc. Utilizados o MATLAB® para os cálculos. Foram considerados dois casos: a série temporal completa de CEA sem separar dias de mau-tempo e de bom-tempo, analisados com Transformadas de Fourier Discretas para dados igualmente espaçados; a série temporal só para os dias de bom-tempo, estudados com Transformadas de Fourier Discretas Interpoladas, para dados interrompidos. Essa interpolação usa o polinómio que melhor se ajusta aos dados (mínimos quadrados). Os resultados são comparados com algoritmos de Lomb usados na literatura. Características interessantes foram encontradas, nomeadamente: um pico de sete dias aparece claramente nos periodogramas e que deve corresponder à poluição causada por actividade do homem e que tem um ciclo de semana; um pico correspondente a um ano e que deve ser relacionada com a rotação solar. Mais estudos vão esclarecer estes resultados e revelar outros.

**Palavras-chave:** Eletricidade Atmosférica; Análise espectral; Poluição; Atividade solar.

**Abstract:** In the present study, we considered the hourly Atmospheric Electric Field (AEF) values recorded at Portela meteorological station (Lisbon, Portugal; 38°47'N, 9°08'W) for the period from 1955 to 1991. The Portuguese Meteorological Institute recorded these data with a Benndorff electrograph with a 1-m-height probe. The data series was interrupted from 1975 to 1977 when the electrometer was switched off for maintenance. The principal goal of the paper is to identify the main characteristic frequencies of the AEF and related them with physical mechanisms, like pollution, solar activity, etc. We used MATLAB® for the calculations. Two cases were considered: the complete time series of AEF without separating bad-weather days from fair-weather ones, analysed with Discrete Fourier Transforms for equally spaced data; the time series only for fair-weather days, studied with Interpolated Discrete Fourier Transforms for interrupted data. Such Interpolation uses the polynomial that best fits the data (least square). The results are compared with established Fast Lomb algorithms in the literature. Interesting features were found in particular: a peak with seven days appears clearly and should correspond to the pollution caused by man activity that has a week cycle; a peak corresponding to one year is also found and should be related with the solar rotation. Further studies will clarify these findings and reveal other.

**Key-words:** Atmospheric Electricity; Spectral analysis; Pollution; Solar activity.

## Preliminary Conclusions

The results from the Interpolated Discrete Fourier Transform method when applied to fair-weather data for all the period of measurements reveal interesting features, Figure 1. In fact, a clear peak appears for a 1-day period (corresponding to the Carnegie cycle). Deeper analysis could reveal another peaks; in particular we are interested in studying the 7-day period corresponding to the pollution week cycle caused by human activity.

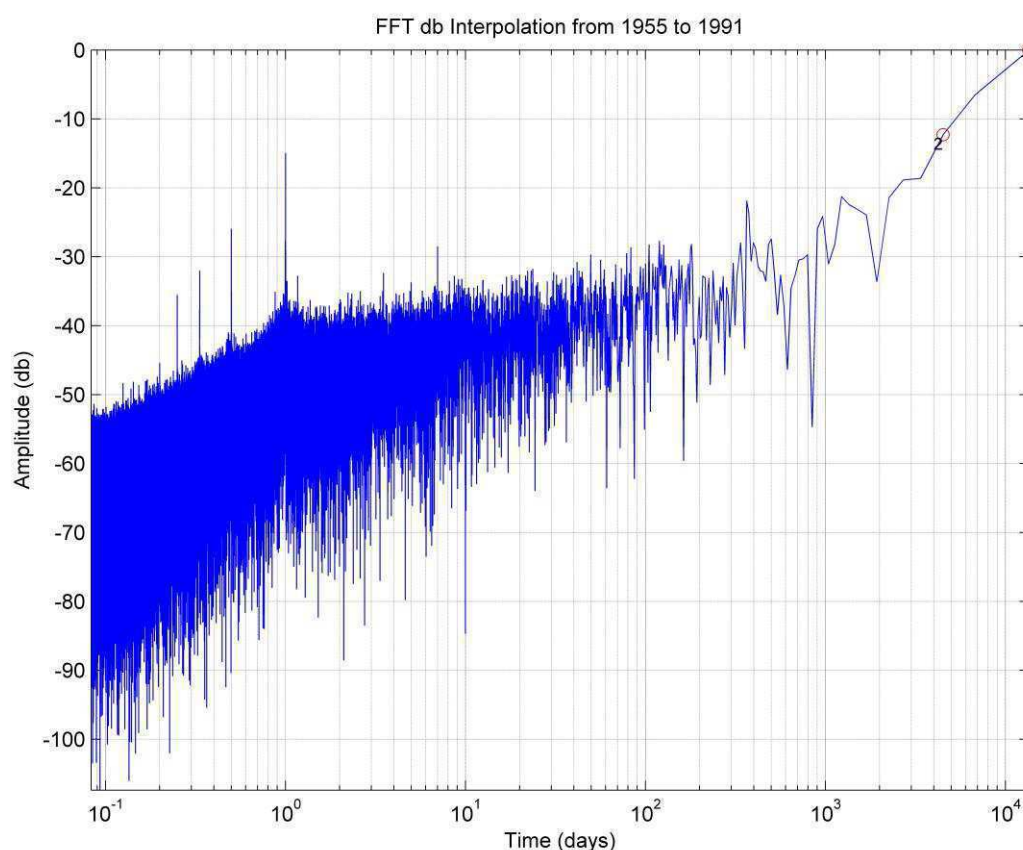


Fig. 1 – Interpolated Discrete Fourier Transform of the Fair-Weather AEF for the period from 1955 to 1991.

## Agradecimentos

HGS acknowledges the support of two Portuguese institutions: the Science and Technology Foundation (FCT) for the Post-Doc grant SFRH/BPD/63880/2009, and the Calouste Gulbenkian Foundation for the grant Estímulo à Criatividade e à Qualidade na Actividade de Investigação in the science program of 2010. MM is grateful also to FCT for the PhD grant (SFRH/BD/89218/2012).

## Bibliografia

- SERRANO, C., A.H. Reis, R. Rosa and P.S. Lucio (2006). Influences of cosmic radiation, artificial radioactivity and aerosol concentration upon the fair-weather atmospheric electric field in Lisbon (1955-1991), *Atmos. Res.*, 81, 236-249.
- SILVA, H.G., M.M. Oliveira, C. Serrano, M. Bezzeghoud, A.H. Reis, R. N. Rosa, P.F. Biagi (2012). Influence of seismic activity on the atmospheric electric field in Lisbon (Portugal) from 1955 to 1991, *Annals of Geophysics*, 55 (1), 193-197.
- HARRISON, R.G. (2008) Discrimination between cosmic ray and solar irradiance effects on clouds, and evidence for geophysical modulation of cloud thickness, *Proc. R. Soc. A* (2008) 464, 2575–2590.

# LISTA DE PARTICIPANTES

	<b>Nome</b>	<b>Endereço de e-mail</b>	<b>Instituição que representa</b>
1	Alexis Soares	alexissoares@gmail.com	LIRIO / CCVEstremoz
2	Ana Bastos	afbastos@fc.ul.pt	Instituto Dom Luiz
3	Ana Gomes Antunes	aninhas220@hotmail.com	Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
4	Ana Maria Silva	asilva@uevora.pt	Centro de Geofísica de Évora / Universidade de Évora
5	Ana Montóia Jacinto	ana.fm.jacinto@gmail.com	Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
6	Ana Teresa Morna	anafreitasmorna@hotmail.com	Geoservices
7	André Rendeiro Albino	aalbino@uevora.pt	Centro de Geofísica de Évora / Universidade de Évora
8	André Vinhas da Costa	andrevinhas.costa@gmail.com	Centro Ciência Viva de Estremoz/LIRIO
9	Andreia Vilão Silva	andreiavil@hotmail.com	F.C.T. – Universidade Nova de Lisboa
10	António Alexandre Araújo	aaraujo@uevora.pt	Centro de Geofísica de Évora / Universidade de Évora
11	António Ferreira da Silva	antoniojsilva@ua.pt	Universidade de Aveiro
12	António Miguel Dias Fino	tony-fino@hotmail.com	Centro de Geofísica de Évora
13	Bernardo Almeida	bernardo.teixeira@galpenergia.com	GALP, Energia
14	Bruno Cirilo Consentino	Brunocirilo498@yahoo.com.br	Universidade de São Paulo (USP), Brasil
15	Bruno Sena da Fonseca	senadafonseca@gmail.com	F.C.T. – Universidade Nova de Lisboa
16	Carla Pacheco	carlasofiacarmopacheco@gmail.com	CCVEstremoz
17	Carlos Policarpo	m8981@alunos.uevora.pt	Universidade de Évora
18	Cátia Malhado Farinha	catiandrea_mf@hotmail.com	Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
19	Cláudia Ferreira da Cruz	claudiacfcruz@gmail.com	Faculdade de Ciências da Universidade do Porto / Centro de Geologia da Universidade do Porto
20	Daniela Carvalho	daniela.lobarinhas@edm.pt	EDM, S.A.
21	Daniele Bortoli	db@uevora.pt	Centro de Geofísica de Évora / Universidade de Évora
22	David Nogueira Lopes	lopesdavid40463@gmail.com	Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
23	Débora Pascoal Duarte	dbr_duarte@hotmail.com	Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
24	Diego Ramos Machado	diferama@hotmail.com	Universidade de São Paulo (USP), Brasil
25	Emilio Correa Urbano	emilioevourbano@gmail.com	Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
26	Fábio Amaral	fd_amaral@hotmail.com	LIRIO / CCVEstremoz / Universidade de Évora
27	Fernanda Reverte	fernanda.reverte@usp.br	Universidade de São Paulo (USP), Brasil
28	Filipa Luz	geo.filipa.luz@gmail.com	Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
29	Filipe Augusto Valente	filipervalente@gmail.com	Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
30	Flavio Tiago do Couto	couto.ft@gmail.com	Centro de Geofísica de Évora
31	Frederico Barata	frederico.barata88@gmail.com	Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
32	Germilly Morais Barreto	barretogermilly@gmail.com	Centro de Geofísica de Évora / Universidade de Évora
33	Hugo Gonçalves da Silva	hgsilva@uevora.pt	Centro de Geofísica de Évora / Universidade de Évora
34	Inês Martins Pereira	ifgmpereira@gmail.com	LIRIO / CCVEstremoz
35	Joana Ferreira	joana.alexandra.ferreira@gmail.com	Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
36	Joana Lemos Ferreira	joana.sacadura89@gmail.com	Faculdade de Ciências da universidade de Lisboa
37	Joana Rosado	jrosado@uevora.pt	Universidade de Évora
38	Joana Serrano	l27333@alunos.uevora.pt	Universidade de Évora
39	Joana Soares Freitas	maryettasf@hotmail.com	Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
40	João Ferreira Hermínio	joaomiguel_fh23@hotmail.com	Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
41	João Filipe Dias	joaofffdias@hotmail.com	Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
42	João Fontiela Figueiredo	fontiela@gmail.com	Universidade de Évora

43	João Gaspar de Horta	jphorta@ualg.pt	Universidade do Algarve / CIMA (Centro de Investigação Marinha e Ambiental)
44	João Pedro Malveiro Casação	jcasacao@uevora.pt	Centro de Geofísica de Évora / Universidade de Évora
45	José Correia da Fonseca	jzefonseca@gmail.com	Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa / EMEPC
46	José Vicente Ferreira	ferreira.jmv@gmail.com	Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
47	Kateryna Volochay	kateryna.volochay@hotmail.com	Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
48	Laura Banha Mourato	laura.mourato@gmail.com	Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
49	Lisa Oliveira Martins	lisa_martins@hotmail.com	Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
50	Luís da Costa	luigicostex@gmail.com	Universidade do Algarve
51	Luís Oliveira Baião	luis.oliveira_baiao@hotmail.com	Centro de Geofísica de Évora
52	Margarida Pisco da Silva	maggie.betah@gmail.com	Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
53	Maria João Costa	mjcosta@uevora.pt	Centro de Geofísica de Évora / Universidade de Évora
54	Marta Banha Melgão	martamel@uevora.pt	Centro de Geofísica de Évora
55	Miguel Fernandes Potes	mpotes@uevora.pt	Centro de Geofísica de Évora
56	Miguel Mougá	miguel_mougá@hotmail.com	GeoSurveys - Consultores em Geofísica
57	Noel Fontes Moreira	geo.noel.87@gmail.com	Centro de Geofísica de Évora / Universidade de Évora / LIRIO
58	Nuno Vieira	nuno_ksudachix@hotmail.com	Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
59	Óscar López López	olopez.iccp@gmail.com	Centro de Geofísica de Évora
60	Paulo Canhoto	canhoto@uevora.pt	Centro de Geofísica de Évora
61	Pedro Almeida	pdroalmeida@gmail.com	CGE - Centro de Geofísica de Évora
62	Pedro Alves dos Santos	pedro.santos@edm.pt	EDM, S.A.
63	Pedro Coimbra	dk2revolution@gmail.com	Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
64	Pedro Mocho	p.mochopaleo@gmail.com	Universidad Autónoma de Madrid
65	Pedro Moniz Quelhas	monizquelhas@gmail.com	Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
66	Priscila Antunes Ferreira	priscila.antunesferreira@gmail.com	Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
67	Priscila de Abreu Santos	priscila.lasantos@gmail.com	Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo (USP), Brasil
68	Ricardo da Conceição	conceicao_ricardo10@hotmail.com	Universidade de Évora
69	Ricardo Pedreiras Tomás	ricardotomas89@gmail.com	Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa / EMEPC
70	Rita Valadas Magalhães	rita.magalhaes@outlook.com	Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
71	Rúben dos Santos	rubenchaves@gmail.com	Centro de Geofísica de Évora
72	Rui Braga de Oliveira	ruio@uevora.pt	Centro de Geofísica de Évora / Universidade de Évora
73	Rui de Brito Mendes	rbm@ci.uc.pt	Universidade de Évora
74	Rui Salgado	rsal@uevora.pt	Centro de Geofísica de Évora / Universidade de Évora
75	Rui Twohig Hugman	ruir.hugman@ist.utl.pt	Universidade do Algarve
76	Samuel Maló das Neves	sneves@uevora.pt	Centro de Geofísica de Évora / Universidade de Évora
77	Sandra Lourenço Amaro	sandra.lourenco.amaro@gmail.com	Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
78	Sandra Marques Vieira	sandravieira@ua.pt	Universidade de Aveiro
79	Thiago Motta Bolonini	thiagotr@gmail.com	UNESP, Rio Claro-SP, Brasil.
80	Tiago Ferreira Queiroz	tiagorfq@gmail.com	Universidade de Évora
81	Vanda Salgueiro	vandasalgueiro@gmail.com	Centro de Geofísica de Évora
82	Vando Salgueiro	VandoSalgueiro@gmail.com	Universidade de Évora
83	Vânia Silva	vjcsilva@gmail.com	LIRIO / CCVEstremoz
84	Víctor Sánchez Carrasco	victorm.sanzc@gmail.com	Universidade de Évora
85	Vili Boykova Grigorova	vili.grigorova@gmail.com	Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa / EMEPC